12/A

58e Année 4me Trimestre 1952 N° 4

# ANNALES DE GEMBLOUX

ORGANE TRIMESTRIEL

de l'Association des Ingénieurs sortis de l'Institut Agronomique de l'Etat à Gembloux.

*(Association sans but lucratif).*

## SOMMAIRE

G. DEMORTIER. — *La ferme, centre de production d'un carburant gazeux* ..... 225
F. DELECOUR. — *Amylases fongiques* ..... 267
DOCUMENTATION ..... 278
BIBLIOGRAPHIE ..... 291
TABLE DES MATIÈRES : 58e année ..... 299

SECRÉTAIRE DE RÉDACTION:
R. GEORLETTE
207, av. R. NEYBERGH,
BRUXELLES II

ASSOCIATION DES INGENIEURS AGRONOMES DE GEMBLOUX
A.I.G.x

EDITEUR :
J. DUCULOT
GEMBLOUX

COMMONWEALTH MYCOLOGICAL INSTITUTE
1 JAN 1953

*Comité de Rédaction* :

Président : Charliers, N.

Secrétaire : Delvaux, G.

Trésorier : Colleaux, H.

Membres : Demortier, G. ; Favresse, S. ; Ragondet, G. ; Steyaert, R. ; Thomas, R. ; Van Hagendoren, G.

Secrétaire de Rédaction : Georlette, R. (tél. 25.88.77).

---

Compte chèques-postaux n° 1660.59 : Association des Ingénieurs de Gembloux, 14, Drève du Duc, Boitsfort.

Compte-courant n° 64.431 de l'Association à la Société générale de Belgique, 3, Montagne du Parc, Bruxelles.

---

Tarif publicitaire.

Pour un an :

| | |
|---|---|
| bande d'envoi : | 2000 fr. |
| 1 page couverture : | 2000 fr. |
| 1 page intérieure : | 1400 fr. |
| 1/2 page intérieure : | 800 fr. |

---

Prix du numéro : 60 francs.

---

Abonnements annuels.

| | |
|---|---|
| Pour le pays : | 225 fr. |
| Pour les bibliothèques publiques et les librairies : | 180 fr. |
| Pour l'étranger : | 250 fr. |

---

Les publications originales sont signées par les auteurs qui en assument l'entière et exclusive responsabilité.

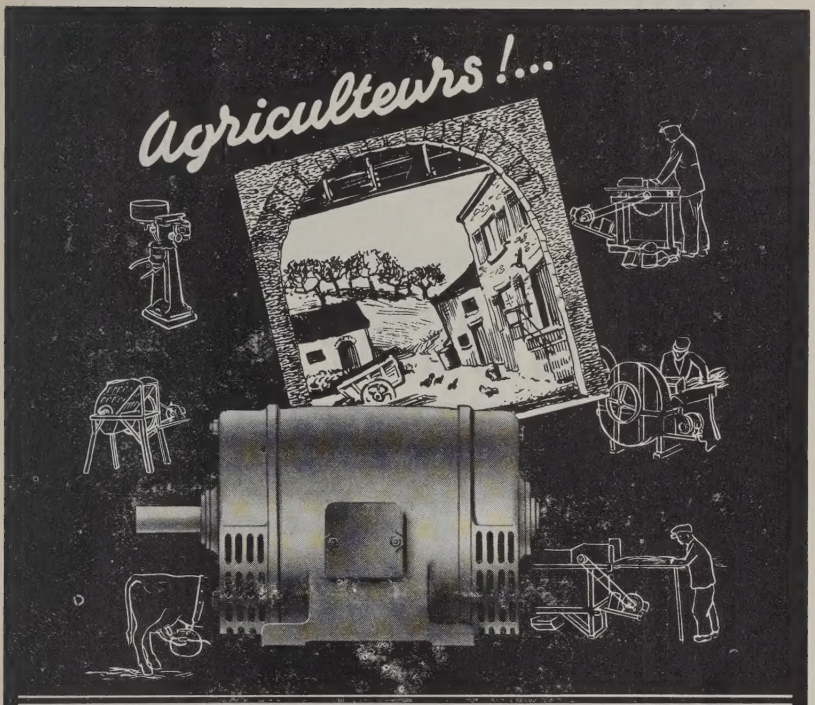
---

Les « Annales de Gembloux » acceptent l'échange avec toutes les revues scientifiques traitant des matières agronomiques. Il sera rendu compte de tout ouvrage dont un exemplaire parviendra au Secrétaire de Rédaction.

---

La reproduction ou la traduction des articles n'est autorisée qu'après accord avec la Rédaction.

---




OVPM

ACEC

La main-d'œuvre est rare et chère!...
Pour tous vos travaux : traite, écrémage, barattage, battage, triage, mouture, concassage, vannage, coupe-racines, hache-paille, monte-charges, pompage, ventilation, etc... utilisez le

**MOTEUR ÉLECTRIQUE**

qui fournit un travail à bas prix, rapide, régulier.
Son entretien est nul et son rendement élevé.

**Mais utilisez un moteur de qualité**

Adressez-vous en confiance à

**l'Office de Vente du Petit Matériel**

BRUXELLES - 1a Rue du Bastion, Tél. 12.67.25. - CHARLEROI - Rue Vital Françoisse, Tél. 244.20.
LIÈGE - 4, Rue Forgeur, Tél. 23.38.94 - LUXEMBOURG - 11, Rue Gœthe, Tél. 40.95.

**A C E C - Moteurs fermés-ventilés et appareillage.**
**L M B - Moteurs entièrement fermés.**
**WELCOBEL - Moteurs monophasés et triphasés à puissance fractionnaire.**

UN ENGRAIS

INDISPENSABLE

# LE PHOSPHATE THOMAS

*Tout en apportant*

***Acide phosphorique, Chaux, Magnésie* et *Manganèse,***

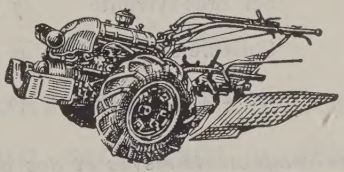
*conserve et améliore les qualités physiques de*

CHAQUE TERRE

*Gamme complète de motoculteurs et motocharrues*

# SIMAR

3 CV — 5 CV — 8 CV pour l'horticulteur
ainsi que le 9 CV à 3 vitesses, marche arrière — freins et différentiel pour l'agriculteur.

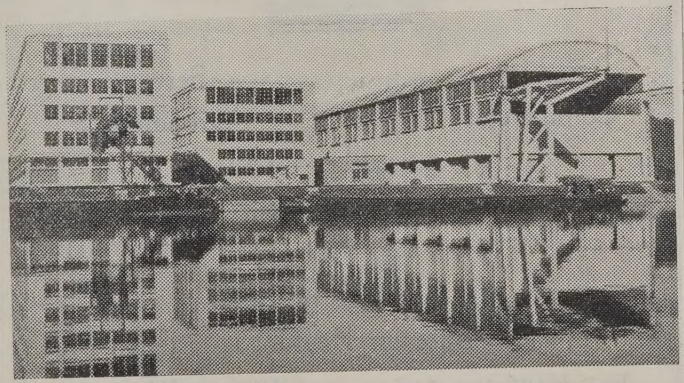


*Stérilisateur de terre* **SIMOX**

## Charles GUINAND

**58-62, Grande rue au Bois,**
**BRUXELLES 3**

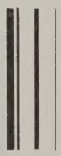
# La Sté Ame A. C. B. I. à Huy



***livre, au départ de ses usines de Java-lez-Huy,***

| les engrais complets granulés | les aliments du bétail | les semences sélectionnées |
|---|---|---|
| **« PRODUMAX »** | **« STAR »** | **« PRODUMAX »** |

## *LA POTASSE* appliquée sous forme de



Sel brut-sylvinite 17 % de $K_2O$

Chlorure de potassium 40 % de $K_2O$

Sulfate de potasse 48 % de $K_2O$

***assure des rendements élevés et des produits de qualité.***

COMPTOIR GÉNÉRAL DES SELS ET ENGRAIS POTASSIQUES S. A.

# COGEPOTASSE

Service Commercial

Service Agronomique

53, Boulevard du Midi

**BRUXELLES**

**Tél.** 12.65.45
12.65.80

Bureaux Régionaux

Rue Hamélius, 22

**ARLON**

**Tél.** 83

Rue de Hénis, 11

**TONGRES**

**Tél.** 31042

# ANNALES DE GEMBLOUX

58e Année. 4me Trimestre 1952. No 4.


# La ferme, centre de production d'un carburant gazeux

par


G. Demortier,

*Ingénieur Agronome et des Industries Agricoles Gx.,*
*Directeur de la Station de Chimie et de Physique Agricoles de l'Etat.*


CONTENU


Résumé en guise d'introduction ..... 226
Généralités ..... 228
Les fermentations et les microorganismes ..... 228
Transformation des matières organiques ..... 230
Technique de production du gaz combustible ..... 232
Les facteurs influençant la production de gaz ..... 234
Les installations ..... 236
Exemple de mise en marche d'une installation ..... 244
Composition des produits provenant de la fermentation méthanique ..... 247
Le rendement ..... 249
Utilisation ..... 250
- L'éclairage ..... 251
- Le chauffage ..... 251
- La force motrice ..... 254

Considérations d'ordre économique ..... 255
- Généralités ..... 255
- Les installations ..... 255
- Prix de revient du $m^3$ de gaz en fonction de la durée de l'amortissement ..... 258
- Prix de revient de 1.000 calories effectives ..... 259

La production de gaz méthane envisagée sur le plan communal et sur le plan national ..... 261

## Résumé en guise d'introduction.

La technique de la production du gaz combustible (gaz méthane) à la ferme a subi, au cours de ces dix dernières années, une évolution si rapide que plus de mille installations sont en fonctionnement, à l'heure actuelle, dans la partie méridionale de la France et l'Afrique du Nord. En Italie et dans d'autres pays méditerranéens, le nombre de fermes récupérant cette intéressante source d'énergie devient de jour en jour plus important.

En Belgique, la première cuve productrice de gaz méthane a fonctionné dans la fumière de l'Institut Agronomique de l'État, à Gembloux, au cours des années 1942, 1943 et 1944.

A notre connaissance, il existe en Belgique trois intallations productrices de gaz méthane : l'une est établie à Péronnes-lez-Binche dans la ferme de M. Dessart ; elle comporte deux cuves de forme parallélépipédique de 15 $m^3$ chacune et un gazomètre d'environ 20 $m^3$.

La deuxième se trouve chez M. Stievenart, fermier à Athis-lez-Dour ; elle comprend 5 cuves cylindriques de 15 $m^3$ chacune et un gazomètre de même forme.

Enfin, trois cuves cylindriques de 10 $m^3$ chacune en béton vibré, à parois minces, forment, avec un gazomètre de 10 $m^3$, l'installation expérimentale de la Station de Chimie et de Physique Agricoles de l'État, à Gembloux.

Cette Station de recherches effectue, dans ses laboratoires, depuis plus d'un an, des micro-essais de production de gaz méthane. Elle travaille en collaboration avec les deux installations précitées. Le but de cette publication étant la vulgarisation de cette nouvelle technique, nous passerons sous silence, momentanément, les recherches effectuées ou en cours et nous jetterons d'abord un regard sur le côté économique de la question.

Comme nous le verrons dans les pages qui vont suivre, une installation, prise comme exemple, comptant 3 cuves de production de 10 $m^3$ chacune et un gazomètre de 10 $m^3$, coûte suivant les types et la présence d'accessoires plus ou moins nombreux entre 30.000 et 100.000 fr.

D'après les calculs, une installation d'un prix de revient de 50.000 fr (beaucoup d'installations peuvent être construites pour 30 à 35.000 fr) et amortie en 10 ans, fournit le gaz méthane à environ 0 fr 65 le $m^3$.

Notons que, présentement, le $m^3$ de gaz de ville est livré au consommateur à 3 fr 40 et que son pouvoir calorifique est nettement inférieur à celui du gaz de fumier (4.000 à 4.500 calories pour le premier contre 6.000 calories pour le second).

On estime que la partie métallique de l'installation peut être maintenue en bon état pendant cette période de 10 ans en y apportant quelques soins d'entretien, d'ailleurs peu coûteux ; quant à la partie bétonnée, elle peut être utilisée pendant plus de 50 ans sans défaillance. Donc, à partir de la 11e année, le prix de revient du $m^3$ de gaz méthane sera extrêmement bas.

Signalons, en passant, que le fumier extrait de la cuve après fabrication est généralement plus riche que celui de la fumière introduit à la même date ; il s'agit donc ici de la *récupération* du gaz méthane qui se forme spontanément dans les couches profondes de la fosse et se perd dans l'atmosphère.

Soulignons aussi l'intérêt considérable de cette technique au Congo où la température élevée est un sûr garant d'une production abondante et facile de gaz combustible.

Si nous quittons le point de vue particulier de la ferme pour nous placer sur le plan plus élevé de la commune et même du pays, nous pouvons considérer cette industrie nouvelle comme extrêmement rentable et de nature à rapporter à l'économie nationale des millions de francs de combustible.

Elle est susceptible de résorber le chômage dans une certaine mesure ; nous donnons immédiatement quelques explications sur ce projet.

Si une exploitation totalisant 30 $m^3$ de cuverie peut fournir le gaz à 0 fr 95 le $m^3$ avec une production journalière d'un $m^3$ de gaz par $m^3$ de fumier, dans les mêmes conditions et pour des installations beaucoup plus importantes, ce prix de revient pourrait encore être abaissé ; ceci nous porte à croire qu'une grosse installation groupant tous les agriculteurs d'un village, serait en mesure de fournir ce précieux combustible à toute la population, lui apportant ainsi le confort que le gaz de houille procure au citadin.

Si l'exploitation est gérée par l'Administration communale, un ou deux ouvriers faisant partie du personnel communal pourraient être affectés, entre autres, au chargement et à la vidange des cuves.

Ce dispositif permettrait, en même temps qu'une récupération importante d'un gaz combustible de valeur, une certaine résorption du chômage dans le pays.

L'État pourrait éventuellement subventionner partiellement ou totalement la première installation qui servirait à titre expérimental pour l'avenir.

Signalons que Ducellier et Isman, les pionniers de cette technique, ont installé à Maison Carrée (Alger) une cuverie de grand volume (au total plusieurs centaines de $m^3$). Elle fournit le gaz nécessaire à tous les laboratoires de l'Institut Agronomique et alimente les moteurs et les véhicules automobiles de cet organisme. Fait

également digne d'être signalé, cette installation au gaz de fumier est venue en aide à l'usine à gaz de la ville d'Alger, pendant une période au cours de laquelle cette usine s'est trouvée en difficulté.

## Généralités.

On sait depuis longtemps que la cellulose en milieu anaérobie fournit du méthane sous l'influence de microorganismes aptes à effectuer cette transformation.

Dans la fumière en fermentation, les couches inférieures sont le siège du dégagement de ce gaz combustible tandis que le dessus du tas n'en produit pratiquement pas.

Un thermomètre placé à différentes profondeurs montre que les températures vont généralement en décroissant des couches supérieures (65° et même 70°C.) aux zones profondes (25°C.). L'analyse des gaz présents à différents niveaux du tas fournit également de précieux renseignements sur les phénomènes complexes dont ce milieu vivant est le siège.

Les teneurs en anhydride carbonique ($CO_2$) et en méthane ($CH_4$) sont intéressantes à connaître ; dans le haut du tas, l'anhydride carbonique domine, tandis que le méthane fait pratiquement défaut ; vers le milieu, l'anhydride carbonique est encore abondant (30 %) et le méthane fait son apparition ; enfin, dans le bas, la quantité de méthane dépasse nettement celle de l'anhydride carbonique.

Le méthane, entrant pour une large part dans le gaz combustible, dont il est question dans cet article, nous exposerons brièvement le processus à suivre pour arriver à cette production gazeuse à la ferme.

Parmi les plus anciennes installations connues, signalons celle de Bombay, installée en 1857. A Aix-la-Chapelle, en 1923, fonctionnait une cloche de captation des gaz sur une des douze fosses septiques de la Station d'épuration des eaux résiduaires de la ville.

Toutefois, ce furent les professeurs Ducellier et Isman, de l'Institut Agronomique de Maison Carrée à Alger qui, dès 1935, reprirent le procédé, le rénovèrent et lui donnèrent l'impulsion que nous connaissons actuellement ; il existe, en effet, dans la zone méditerranéenne, France méridionale et Afrique du Nord, plus d'un millier de fermes équipées pour la récupération du gaz méthane.

## Les fermentations et les microorganismes.

Lorsque les conditions vitales sont favorables (chaleur, humidité notamment) la flore microbienne spontanée s'empare des matières

organiques d'origine végétale ou animale et commence leur minéralisation.

Généralement, au début de ce processus, les matières se trouvent baignées par l'air atmosphérique ; dans ces conditions apparaîtront les *fermentations aérobies*.

Au cours de cette première phase, la température peut atteindre des valeurs élevées (65, 70 et même 75°C.). Suivant les conditions du milieu, ces hautes températures se maintiennent pendant 3 à 10 jours ; elles diminuent ensuite progressivement en même temps que le milieu devient de plus en plus réducteur par suite du tassement de la masse et de la difficulté accrue pour l'oxygène de pénétrer vers l'intérieur.

On distingue donc deux grandes classes de microbes : les aérobies qui fonctionnent en présence de l'oxygène de l'air, c'est-à-dire en milieu oxydant, et les anaérobies dont l'activité maximum s'observe en l'absence d'oxygène, c'est-à-dire en milieu réducteur.

Les fermentations aérobies empruntent l'énergie qui leur est nécessaire aux hydrates de carbone, aux matières grasses et aux albuminoïdes, avec formations de substances à molécules de plus en plus petites, dégagement d'anhydride carbonique et de vapeur d'eau ; les matières azotées fournissent en outre de l'ammoniac ($NH_3$) dont le départ dans l'atmosphère doit être évité. Comme nous l'avons vu, leur milieu de prédilection est la partie supérieure du tas, où l'aération est la plus forte.

L'œuvre commencée par les aérobies se poursuit en milieu *anaérobie* par une flore adaptée à ces conditions de vie. Ces manifestations vitales sont caractérisées par la production du gaz méthane et parfois de l'hydrogène. La température est voisine de 25°C. Parmi la flore manifestant son activité dans ce milieu réducteur, signalons notamment des *Proteus*, divers *Bacillus* (*B. saprogenes*, *B. coprogenes faetidus*, *B. fluorescens putridus*, *B. subtilis*, *B. coli*, *B. tetani*, *B. pyocyaneus*, *B. mesentericus ruber*, *B. perfrigens*, etc...), et de nombreux thermophyles.

La fermentation anaérobie, dans le cas qui nous occupe, dure de 4 à 8 mois suivant les conditions du milieu.

Ducellier et Isman ont étudié un micrococcus dont l'activité passe de 1 à 40 suivant que les températures sont comprises entre 10 et 38°C.

Ces microorganismes ont pu dégager d'une masse d'un gramme de farine de paille sèche 8 centimètres cube de gaz en 24 heures.

En milieu anaérobie, la fermentation du fumier frais ou n'ayant pas subi entièrement la fermentation aérobie conduit toujours au développement, entre autres, des ferments butyriques. Cette fermentation butyrique se bloque d'elle-même très rapidement. Mais

elle s'oppose au développement du micrococcus ou freine son activité.

Ce micrococcus est toujours abondant dans le fumier fait. On le considère comme un agent important de la production du gaz méthane.

Il est donc nécessaire de détruire, dès le début, les matières sucrées et amylacées par une préfermentation aérobie. Le mode opératoire est très simple : il suffit de placer le fumier frais dans une caisse à claire-voie. On arrose suffisamment et la fermentation aérobie s'installe spontanément. On peut constater la fin de cette phase à l'aide du réactif iodé (disparition de la teinte bleue donnée par les matières amylacées).

En même temps la teinte blanche de la paille passe au jaune, puis au brun.

Les protides sont également détruits ; de sorte qu'on ne risquera pas de trouver de l'hydrogène sulfuré dans le gaz combustible. Quant à l'ammoniac, elle se combine à l'anhydride carbonique formé en abondance ; ce sel est retenu en solution dans le liquide d'humidification, et par les matières humiques formées.

Une fermentation aérobie bien conduite dure ordinairement de trois à quatre jours.

Le résidu cellulosique est alors prêt pour la fermentation méthanique.

### Transformation des matières organiques.

Les hydrates de carbone des pailles comprennent de faibles quantités de sucres réducteurs et de sucres non réducteurs, des matières grasses, des gommes et surtout de la cellulose. Les parties les plus fermentescibles, notamment les sucres réducteurs, sont rapidement transformées en anhydride carbonique et en eau par voie aérobie.

Les autres sucres donnent également de l'anhydride carbonique, de l'eau, et des résidus temporairement acides (acides lactique, butyrique, etc...).

La présence d'une base (chaux, ammoniaque) semble nécessaire pour pouvoir poursuivre la destruction de ces acides : ce fait est important si l'on désire créer un milieu voisin de la neutralité ou légèrement alcalin pour arriver à une production normale de gaz méthane en milieu anaérobie.

Les amidons et les fécules sont partiellement hydrolisés et se comportent, de ce fait, comme les sucres ; ceux qui n'ont pas subi cette transformation sont attaqués par les ferments de la cellulose. La cellulose doit être considérée comme l'un des hydrates de car-

bone les plus importants qui soient présents dans la fumière en fermentation. De nombreuses espèces microbiennes l'attaquent soit en milieu aérobie soit en milieu anaérobie ; c'est précisément dans ce dernier milieu que la cellulose devient une source importante du gaz combustible dont la production sera examinée plus loin. Il faut noter que, suivant leur origine, les celluloses présentent une résistance plus ou moins grande aux agents microbiens ; on a pu observer des celluloses non détruites après 3 ans d'action.

En milieu acide, la cellulose peut être décomposée par les moisissures ou par les mycéliums de champignons supérieurs ; des bactéries aérobies intervenant soit seules, soit en symbiose, agissent en milieu neutre ou légèrement alcalin.

La vasculose se trouve libérée lors de la destruction de la cellulose ; elle devient partiellement soluble dans les liquides alcalins du fumier après s'être déshydratée. Ces dérivés de la vasculose se dissolvent en même temps qu'a lieu la putréfaction des matières azotées avec production de substances ayant une réaction de plus en plus alcaline (aboutissement normal = ammoniac ($NH_3$)).

Ce mélange complexe entre dans la constitution de la matière noire, dont le rôle fertilisant est bien connu : il coule normalement le long des parois du tas de fumier. Lors de la production du méthane dans le gazogène, ces substances de grande valeur fertilisante sont dissoutes dans le liquide. Notons d'autre part, que les pertes d'ammoniac sont réduites au minimum dans le gazogène.

Les gommes se retrouvent en faible quantité dans le fumier. Elles subissent une dégradation partielle.

Les matières grasses étant insolubles dans l'eau, ne peuvent subir directement l'influence microbienne. Toutefois une oxydation et une saponification d'ordre chimique ou catalytique produisent leur scission en glycérine et en acides gras ; la glycérine ainsi qu'une partie des acides gras deviennent la proie des microorganismes, tandis que d'autres acides gras volatils se dégagent.

Les acides de la série grasse sont une source importante de « méthane » en milieu anaérobie.

Les matières azotées après des simplifications successives aboutissent entre autres au terme ammoniac ($NH_3$) ; elles interviennent également dans la production du gaz combustible en milieu anaérobie. Outre la production de méthane et d'hydrogène, leur « minéralisation » conduit à la production d'hydrogène sulfuré et d'hydrogène phosphoré.

Les matières minérales se retrouvent dans les substances liquides et solides en fin du processus microbien.

Ces diverses transformations découlent de l'évolution classique

des pailles et résidus animaux vers la production de l'humus à la ferme.

Nous signalons que de très nombreuses substances ont été employées en vue de la production de gaz méthane : déchets de conserverie de fruits, sarments de vignes, marcs de raisins, feuilles de betteraves, foins avariés, etc... Il y a lieu toutefois de prendre certaines précautions lorsqu'on introduit dans la cuve des substances dont la composition est mal connue ; elles peuvent modifier défavorablement le pH ou apporter des substances susceptibles d'entraver ou même de paralyser l'activité méthanique.

### Technique de production du gaz combustible.

Principe. — Les acquisitions théoriques mentionnées brièvement ci-dessus sont à la base de la technique suivie pour obtenir les gaz méthane et hydrogène.

Tout d'abord, les fermentations aérobies et anaérobies qui se succèdent et subsistent plus ou moins côte à côte dans la fumière, sont nettement séparées dans ce dispositif.

On provoque tout d'abord une fermentation aérobie à la fois intense et rapide afin de détruire les substances qui, en anaérobiose, pourraient créer un milieu acide, avec production d'acide butyrique, nettement défavorable au dégagement du gaz de fumier.

Pour ce qui concerne la captation des gaz combustibles en vue de leur utilisation à la ferme, on peut utiliser les dispositifs classiques des gazogènes légèrement modifiés.

Préfermentation aérobie. — Les matières organiques (en l'occurrence le fumier frais) sont soumises tout d'abord à la fermentation aérobie.

Pour la réaliser, il est nécessaire de les étendre en couche de 50 cm à 1 mètre d'épaisseur sur une aire imperméable afin de pouvoir recueillir les liquides provenant des arrosages convenables de la masse ; cette solution, riche en matières fertilisantes et en substances nutritives pour la flore microbienne abondante qu'elle renferme, est avantageusement renversée sur le tas afin d'y maintenir le degré d'humidification requis. Si, en outre, la masse est bien aérée et la température extérieure suffisante, cette première phase peut-être terminée après une période de huit jours maximum.

Au cours de celle-ci, on peut observer les phénomènes suivants :

*a)* Élévation notable de la température atteignant 65°C. et même parfois 70°C. dans la masse.

*b)* Ces hautes températures se maintiennent pendant une hui-

taine au cours de laquelle les produits les plus fermentescibles sont détruits.

*c)* Ensuite la température baisse graduellement et reste voisine de 30°C.

*d)* Si les conditions de milieu ont été bien respectées (humidification, aération et température), la teinte jaune claire des éléments pailleux passe au brun plus ou moins terne.

*e)* En outre, la coloration bleue caractérisant des matières amylacées en présence d'iode alcoolique n'est plus décelable. La fermentation anaérobie peut commencer.

La fermentation anaérobie.

*Phase de maturation ; phase de production.*

En général, la matière organique est noyée dans le liquide afin de la placer en milieu anaérobie. Parfois, un panier métallique l'entoure complètement.

De la masse, ou entre les mailles du panier, s'échappent les bulles de gaz provenant de la fermentation ; elles atteignent la partie supérieure de la cuve. La tuyauterie draine le gaz vers le gazomètre, où il s'accumule sous pression constante et réglable. De l'examen de la courbe de rendement en gaz et de l'analyse de ce dernier, il découle qu'une phase dite de « maturation » précède la phase de production principale.

*La phase de maturation* se manifeste dès la fermeture de la cuve ; le gaz produit n'est pas combustible : il renferme une forte proportion d'anhydride carbonique, de l'hydrogène sulfuré, de l'hydrogène phosphoré, de l'ammoniac. Ces gaz, observés au cours de cette phase de maturation, proviendraient de la minéralisation des protides non détruits au cours de la fermentation aérobie ; leur odeur est piquante et fétide.

*La phase de production principale* commence lorsque la teneur en méthane est suffisante pour permettre l'inflammation du mélange. Suivant les différents facteurs et notamment la température, cette phase principale fait son apparition de quelques jours à un mois après le chargement de la cuve. Au cours de celle-ci la composition du gaz ne varie guère.

Suivant Mr Carillon, la composition du gaz produit serait :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Méthane | 50 | à | 55 | pour cent |
| Hydrogène | 2 | à | 4 | pour cent |
| Oxygène | 0,5 | à | 1 | pour cent |
| Anhydride carbonique | 35 | à | 40 | pour cent |
| Gaz inertes | 1 | à | 5 | pour cent |

Si l'on examine les graphiques de la production de gaz, on constate souvent que la phase de production principale présente un maximum élevé atteint assez rapidement. On observe ensuite un minimum suivi bientôt par un second maximum moins élevé que le premier ; la production baisse ensuite graduellement. Le premier maximum serait dû à la destruction rapide et complète des hemicelluloses tandis que le second indiquerait le maximum atteint par la destruction de la cellulose, destruction qui se poursuit pendant des semaines et des mois jusqu'à sa minéralisation complète.

Ainsi que nous le verrons plus loin, il y a intérêt à vider la cuve avant la fin du dégagement du gaz de fumier et à effectuer un nouveau remplissage lorsque le dégagement descend au 1/3 de ce dernier maximum.

### Les facteurs influençant la production de gaz.

#### La préfermentation aérobie.

Cette préfermentation est d'une grande importance sur les phénomènes qui se dérouleront ultérieurement dans la cuve de production. Il y a donc lieu d'y apporter tous les soins désirables en suivant les indications données ci-dessus.

Le facteur température. — Il est bon d'attirer l'attention sur ce facteur extrêmement important. Il a été constaté que des températures voisines de 30°C. à 35°C. réalisent d'excellentes conditions de production de gaz combustible en milieu anaérobie.

Le micrococcus étudié par MM. Ducellier et Isman manifeste son activité entre 10 et 40° centigrades.

Elle varie d'ailleurs dans la proportion de 1 à 40 lorsque la température passe de 10 à 38 degrés.

A titre d'exemple, nous donnons ci-dessous les dégagements journaliers obtenus par $m^3$ de cuverie, les autres conditions étant identiques :

| | |
|---|---|
| à 10°C. en moyenne | 30 litres de gaz. |
| 20°C. | 200 litres » |
| 25°C. | 500 litres » |
| 30°C. | 1.000 litres » |

Le maximum se situe vers 37°C.

Dans la pratique, on s'efforce d'obtenir et de maintenir 30°C. à l'intérieur de la cuve.

Dans nos régions, cette température est rarement atteinte spontanément. On y remédie en mettant à profit la température

produite pendant la phase de fermentation aérobie. A cet effet, le gazogène est placé soit dans la fumière, soit entouré complètement de fumier frais formant réchaud. On calorifuge également la cuve afin d'éviter toute perte de chaleur de l'intérieur vers l'extérieur. Ces précautions deviennent particulièrement nécessaires pendant la période hivernale.

Suivant la rigueur des hivers, il est possible aussi qu'un réchauffement de la cuve soit jugé nécessaire à l'aide d'une petite chaudière fonctionnant soit par thermo-siphon, soit par circulation forcée à l'aide d'une petite pompe.

On conçoit aisément que dans les régions où la température moyenne est notablement supérieure à celle de notre pays, la production de gaz combustible soit grandement facilitée.

Ceci nous fait penser immédiatement aux conditions de température particulièrement favorables que de telles installations rencontreraient dans la plupart des régions intertropicales et subtropicales.

Le pH. — En milieu anaérobie, la masse en fermentation tend à s'alcaliniser. Il est souvent intéressant, lors du soutirage du liquide en vue de « dépolariser » les matières organiques, d'en noter le pH ; comme le maximum de dégagement semble se produire pour une valeur du pH légèrement supérieure à 7, il est nécessaire de ramener dans ces limites la réaction trop alcaline. On se sert à cet effet d'un acide minéral. Certains préconisent l'acide nitrique, d'autres l'acide sulfurique ; ce dernier, par décomposition, donnerait de l'hydrogène sulfuré ; l'acide formique est parfois employé.

Pour relever le pH, on ajoute de la chaux, ou une base alcaline (soude ou potasse), ou du phosphate d'ammonium.

En pratique, on ne se préoccupe pas beaucoup du pH ; pour obtenir une fermentation méthanique sûre et régulière il faut surtout procéder à une bonne *préfermentation aérobie*.

Le pH paraît influencer la composition du gaz : si le milieu est légèrement acide (pH compris entre 5 et 6,5) le gaz renferme du méthane et de l'anhydride carbonique en proportions sensiblement égales.

La réaction théorique :

$(C_6H_{10}O_5)^n + (H^2O)^n = (3CO^2 + 3CH_4)^n$ est vérifiée.

En milieu alcalin, la proportion de méthane serait généralement plus élevée, mais, par contre, on risquerait d'y voir la fermentation méthanique bloquée par la production d'acide butyrique.

On a préconisé, pour éviter cet accident, d'acidifier le milieu

après destruction des sucres et de l'amidon par un acide minéral. L'ammoniac qui se forme ultérieurement se fixe sur l'acide minéral ajouté, le neutralise et donne finalement une réaction légèrement alcaline.

Le « brassage » de la cuve. — Il a été constaté que des bulles de gaz restent plus ou moins adhérentes aux matières organiques soumises à la fermentation anaérobie. En principe, ce fait entrave le processus microbien et diminue le rendement de l'opération. Certains y ont porté remède en effectuant un déplacement, soit du liquide, soit du panier ; ce mouvement relatif des matières solides et du liquide provoque le dégagement des bulles et permet une nouvelle attaque de la matière organique sur toute la surface en contact avec le liquide.

Des cuves à brassage automatique ont été préconisées. Les avis sont partagés quant à leur avantage marqué sur le rendement.

Les ferments. — Les matières soumises à la fermentation méthanique renferment une flore spontanée extrêmement abondante.

Lorsque la cuve fonctionne pour la première fois, on conseille des ferments provenant d'une installation voisine quand il en existe ; dans la négative, le mieux est de prendre du fumier très fait ayant séjourné longtemps au fond du tas.

Des laboratoires de microbiologie ont sélectionné une flore spécialisée ; les résultats n'ont pas toujours été positifs ; le « pied de cuve » doit en effet lutter contre une flore spontanée extrêmement forte, la stérilisation préalable du milieu étant pratiquement impossible.

Enfin, on conseille d'ajouter au purin, entre deux remplissages, 8 grammes de bisulfite de potassium par hectolitre. Cette opération aurait pour effet, par son $SO_2$, de tuer les microbes les plus faibles et de ne laisser persister que les plus forts qui, en se multipliant, fourniraient un « pied de cuve » plus actif.

## Les installations.

Une installation comprend en principe :

— plusieurs cuves de production
— un gazomètre
— des accessoires.

L'importance de l'installation dépend essentiellement de la quantité de fumier dont dispose la ferme et du volume de gaz exigé journellement.

Dans les fermes importantes, disposant d'un nombreux bétail et d'une abondante réserve de pailles, la quantité de fumier produit est toujours supérieure à celle que l'on est susceptible de soumettre à la fermentation méthanique.

Cuves de production. — Elles reçoivent le fumier mis en fermentation ; on les vide et recharge tous les deux à trois mois. Dans le but d'obtenir une production continue, il est bon de prévoir au moins 2 cuves ; dans ce cas, l'une d'elle est au chargement pendant que l'autre fonctionne à plein rendement. Le béton est le plus couramment employé car il résiste bien aux intempéries et, lorsqu'il est bien construit, il ne nécessite pas de soins d'entretien.

Pour obtenir une bonne étanchéité des cuves, on revêt l'intérieur à l'aide d'un enduit ou avec du ciment, lui-même protégé contre les attaques du purin par un vernis à base de goudron.

La forme cylindrique est la plus rationnelle quant à la résistance et l'économie des matériaux.

Cependant, dans bien des fermes où les cuves de production ont été coulées sur place, on leur donne souvent la forme d'un parallélépipède rectangle, par suite de la facilité de la construction du coffrage.

L'épaisseur des parois varie fortement suivant les constructeurs. Certaines cuves sont construites en parois épaisses afin de conserver à l'intérieur le maximum de calories que l'on y introduit.

Par contre, d'autres sont à parois très minces, en béton vibré, assurant un échange de chaleur rapide de l'extérieur vers l'intérieur, car, comme nous le verrons plus loin, le facteur température joue un rôle extrêmement important sur le dégagement du méthane.

La profondeur des cuves ne doit pas dépasser 2 m 50 car alors les opérations de vidanges, notamment, deviennent difficiles. Le diamètre est généralement fonction de la capacité désirée de chaque cuve.

Chaque cuve est munie normalement de quelques accessoires tels que tube de vidange, trop-plein, tube de départ du gaz et couvercle verrouillé sur la cuve, fermant hermétiquement celle-ci par joint hydraulique.

Les différents types d'installations. — Ils dépendent, comme nous l'avons vu plus haut, du volume de gaz à produire journellement.

Dans les installations ne dépassant pas 20 $m^3$ de cuverie, il est à conseiller d'utiliser des cuves de 7 $m^3$. Ces petites cuves sont peu encombrantes ; elles sont d'une conduite facile et ne réclament pas de manutentions spéciales pour le remplissage ou la vidange du fumier ni pour la pose ou l'enlèvement des couvercles.

Voici, à titre d'exemple, les ordres de grandeurs des installations productrices de gaz méthane en fonction des ressources en matières organiques ou des exigences au point de vue calorifique ou énergétique.

1) Une petite exploitation de 8 Ha sur laquelle vivent 1 cheval et 4 vaches dispose de 6.500 Kg de paille par an. Le fumier produit est suffisant pour alimenter 2 cuves de 8 $m^3$ chacune.

2) 3 cuves de production de 7 $m^3$ fournissent du gaz strictement suffisant pour les utilisations ménagères, c'est-à-dire : la cuisine, de l'eau chaude, l'éclairage (par bec), un frigidaire, et le chauffage d'une pièce ou deux pendant la période intermédiaire entre l'hiver et l'été.

3) Pour des installations plus importantes, il faut envisager des cuves de 10 $m^3$. Avec 4 cuves de 10 $m^3$, il est possible de disposer d'une quantité de gaz suffisante pour permettre les utilisations ménagères citées au n° 2 et, en outre, l'alimention d'un moteur fixe, tout en assurant le chauffage des locaux sur une échelle plus vaste.

4) Dans les installations plus importantes, dont le volume de cuverie est supérieur à 100 $m^3$, on préfère les cuves de 10 $m^3$ de capacité et au-delà.

Ces dernières installations permettent les différentes opérations mentionnées ci-dessus ; elles ouvrent, en outre, la possibilité d'utiliser des tracteurs et véhicules automobiles après compression et éventuellement enrichissement du gaz, ainsi que le chauffage central de l'habitation.

Quelques détails sur la construction des cuves. — Nous avons vu précédemment que les cuves de 8 $m^3$ étaient recommandables dans les petites exploitations. Il n'est pas conseillé de descendre en-dessous de ce volume, notamment à cause des difficultés qui se présenteraient lors de la sortie du fumier en fin d'opération.

Par contre, dans les très grandes cuves, il faut prévoir des appareils spéciaux de levage des couvercles en tôle de 2 mm d'épaisseur dont le poids devient rapidement en dehors des limites des possibilités de manipulation par le personnel ouvrier.

Lorsque le fermier exécute lui-même ou avec l'aide d'un ouvrier-maçon, les cuves mono-bloc, les dimensions suivantes sont souvent préconisées :

base = 2 m 10 × 2 m 10 (dimensions intérieures) ;

hauteur = 2 mètres (dimensions intérieures).

Le format des tôles du commerce peut aussi influencer les dimensions des cuves.

Il est nécessaire de couler ces cuves en une fois pour éviter des fissures ultérieurement, à la reprise du coulage.

*Le radier* est nécessaire pour donner un fond solide aux cuves qui, sans cette précaution, pourrait présenter des fissures.

On ouvre le sol sur une profondeur de 30 cm. Les 20 cm du fond sont comblés à l'aide d'un béton maigre et recouverts d'une couche de 10 cm de béton gras.

*Les parois.* — Lorsqu'elles sont exécutées en béton armé, on leur donne une épaisseur de 7 cm. L'épaisseur augmente si aucune armature métallique n'est prévue.

Certains constructeurs préconisent l'emploi de béton spécial très léger, sous forte épaisseur, afin de créer des parois calorifuges ; l'intérieur de la cuve est rendu imperméable par un revêtement spécial à base de goudron.

Les parois très minces préconisées par certains constructeurs permettent le passage rapide de la chaleur (fumier frais utilisé comme réchaud). Elles sont l'apanage des spécialistes qui disposent d'un matériel approprié pour « vibrer » le ciment. Certaines firmes disposant de brevets fournissent des cuves en éléments préfabriqués. Suivant le volume de la cuve, on emploie 16, 20 ou 24 éléments identiques de 2 mètres de haut et de 41 cm de large. L'épaisseur des parois est de 2 cm ; elles sont renforcées par des nervures longitudinales et transversales d'environ 5 cm. L'ensemble est fretté par deux cercles en fer.

Des instructions sont fournies par l'usine, en même temps que les pièces détachées pour effectuer le montage correct. L'assemblage ne demande que quelques heures de travail ; elle n'exige ni main-d'œuvre spécialisée, ni appareils de levage. Toutefois, il est conseillé de faire appel à un cimentier pour la confection des joints et l'application de l'enduit intérieur.

Dans certaines fermes, des cuves ont été montées à l'aide d'agglomérés de ciment.

D'autres ont utilisé les blocs courbes employés pour le montage des silos destinés à l'ensilage des fourrages verts.

Dans tous les cas envisagés ci-dessus, il importe que la construction soit bien étanche et que, particulièrement dans le cas des constructions en blocs ou d'agglomérés, les joints verticaux et horizontaux soient bien exécutés pour assurer l'imperméabilité aux liquides ou aux gaz. En adossant les unes aux autres plusieurs cuves, on gagne chaque fois une paroi de béton, mais, il est nécessaire de couler l'ensemble en une fois.

*Étanchéité.* — Les cuves étant exécutées avec tout le soin requis,

on renforce l'étanchéité par un enduit intérieur au ciment presque pur. Cette couche intérieure est ensuite recouverte par 2 ou 3 couches d'enduit noir, imperméable et résistant aux substances du purin, analogue à celui que l'on utilise pour le revêtement des silos précités.

On a recommandé également d'enduire à 3 reprises les parois à l'aide d'une solution concentrée d'acide tartrique. Le bitartrate de calcium imperméabilise le béton et résiste bien aux fermentations. Notons toutefois que dans les cuves où la quantité de purin est importante et arrive à la partie supérieure de la cuve, les matières colloidales colmatent progressivement les parties poreuses et les petites fissures.

Lorsque la fermentation est effectuée « à sec », c'est-à-dire lorsque le purin ne remplit pas complètement la cuve, le béton doit être imperméable aux gaz. Dans ce cas, seul le béton « vibré » est à conseiller.

*Les couvercles et la fermeture hydraulique.* — Les couvercles sont généralement en tôle d'acier de 2 mm d'épaisseur. Les dimensions courantes sont 2 m × 2 m. Les couvercles sont pourvus de bords de 25 cm.

Les cuves à fumier comportent parfois à 20 cm sous leur couronnement une corniche intérieure en béton que l'on remplit d'eau et où plonge le retour vertical du couvercle pour constituer un joint hydraulique indispensable dans le cas de la fermentation « à sec ».

Cette corniche n'est pas indispensable lorsque le liquide remplit la cuve ; le couvercle y plonge directement ; de ce fait la fermeture hydraulique est assurée. Mais le poids du couvercle n'est pas suffisant pour maintenir la pression du gaz dans la cuve et le gazomètre ; en effet, une pression de 10 gr par $cm^2$ équivaut à une pression de 100 kilogrammes par $m^2$ de couvercle ; celui-ci est normalement soulevé mais vient butter contre les calages prévus pour le maintenir solidement en place ; deux barres en T fixées par des brides scellées dans le béton des parois suffisent généralement.

Un couvercle de 2 m × 2 m pèse environ 110 kilos ; deux ou quatre poignées sont prévues afin que deux hommes puissent la manipuler aisément. Pour une pression de gaz de 10 grammes par $cm^2$, ce couvercle subit une poussée de bas en haut de 400 kilos.

*Accessoires.* — Lors de la construction de la cuve, il est nécessaire de prévoir une *tuyauterie d'évacuation des gaz* produits vers le gazomètre. Dans la fermentation « à sec » et lorsqu'une corniche est prévue pour former la fermeture hermétique, le tube de sortie

des gaz est généralement sous la « corniche ». Sur ce tube se trouvent 2 *robinets :* l'un, ouvert au début de la mise en fermentation de la cuve, permet l'évacuation de l'air qui y est contenu. Quand il est évacué, le gaz de fumier brûle : on ferme ce robinet et ouvre celui qui le met en communication avec le gazomètre.

Dans les parties basses des tuyauteries, l'eau, en s'y condensant, peut empêcher le passage du gaz ; il faut donc y prévoir des siphons d'évacuation, sorte de tubes en U d'environ 25 cm de haut placés sous la canalisation à purger et dont l'une des branches est vissée à l'aide d'un T sur la canalisation ; l'autre branche, étant libre, permet l'évacuation automatique de l'excès d'eau.

Lorsqu'il est possible de le mettre dans le circuit, un *compteur à gaz* fournit des renseignements intéressants sur le fonctionnement de la cuve.

En fin de production, le purin de la cuve est évacué à l'aide d'une tuyauterie située au fond et à l'aide d'une vanne permettant de conduire le liquide vers une cuve située à un niveau inférieur. Ce dispositif permet de récupérer le purin qui pourra servir, en tout ou en partie, pour une opération ultérieure.

L'évacuation normale du fumier, après vidange du liquide, s'effectue à l'aide de fourches à manches courts. Dans certaines exploitations importantes, on envisage d'effectuer le remplissage et la vidange des cuves à l'aide de ponts roulants et de grappins.

Parmi les accessoires importants, signalons ceux qui visent au maintien ou à l'élévation de la température à l'intérieur des cuves de production.

On sait que le froid est le plus grand ennemi de la production du gaz méthane. Tandis que le maximum du dégagement se situe vers 40° C., l'activité des ferments cesse pratiquement vers 10° C.

Le calorifugeage des cuves et leur réchauffement sont indispensables au cours de la période froide qui sévit dans nos régions à hivers accentués.

Il est donc nécessaire de prévoir, autour de la cuve, un espace pour pouvoir y placer une épaisseur d'environ 1 mètre de fumier frais (sortant de l'étable) formant « réchaud » autour de la cuve.

Les lits de fumier doivent être inclinés de la cuve vers l'extérieur afin que l'air chaud produit soit dirigé vers les parois de la cuve.

D'importantes pertes de chaleur peuvent s'effectuer par le couvercle si l'on ne prend la précaution de le recouvrir d'une importante couche de fumier frais.

On laisse parfois entre la cuve et une paroi extérieure un intervalle de 30 cm que l'on bourre de substances calorifuges (sciure de bois, balles d'avoine, etc...) ; lorsqu'on utilise la laine de verre,

cet intervalle peut être réduit considérablement ; le matelas isolant doit être protégé contre l'humidité.

Il importe également de choisir un emplacement de cuves tel que celles-ci soient protégées des vents froids et qu'en outre, dès les premiers beaux jours, on puisse dégager l'enveloppe calorifuge pour permettre aux rayons solaires de réchauffer la masse en fermentation.

Le réchauffement des cuves peut s'effectuer également à l'aide d'une source de chaleur extérieure en utilisant le principe du thermo-siphon. Dans les fermes, on peut employer des combustibles de peu de valeur (débris de bois, etc...). D'autres sources plus coûteuses peuvent être employées momentanément. Il importe de bien calorifuger la cuve pour conserver la chaleur fournie.

Le procédé au thermo-siphon peut permettre la circulation du purin du fond de la cuve vers le haut de celle-ci avec mouvement inverse du haut vers le bas, dans la masse en fermentation.

Dans ce système, des « coups de feu » peuvent causer quelques dommages dans le liquide de la cuve. Pour éviter cet inconvénient, on peut installer un circuit indépendant ; le liquide chauffé extérieurement cède les calories reçues à l'intérieur de la cuve et passe indéfiniment dans le circuit.

Pour les cuves à parois minces particulièrement, la chaleur peut-être cédée par un matelas d'air réchauffé par des brûleurs ; les parois extérieures doivent être bien isolées.

Il n'est pas conseillé d'enterrer les cuves, la température du sol étant comprise en moyenne entre 10 et 14°C. ; à ces températures, la production de gaz n'est pas satisfaisante.

En été, le rayonnement solaire direct sur les cuves est un puissant stimulant de l'activité microbienne par l'élévation de température qu'il produit.

*Cuves à brassage automatique.* — Ducellier et Isman ont reconnu que la marche des fermentations est d'autant meilleure (pour des conditions de température et de pH identiques) que la masse bien tassée est plus énergiquement brassée. Ils ont mis au point et breveté plusieurs types de cuves appropriés à l'importance des installations envisagées. Le principe est analogue à celui de leur cuve de vinification à remontage automatique.

*Les cuves « Fermenclos ».* — Dans ce système, les cuves productrices de gaz méthane sont entourées d'une enceinte de parpoings ou de briques creuses formant enveloppe calorifuge.

Les cuves, suivant l'inventeur de ce dispositif, sont généralement au nombre de quatre et de dimensions en rapport avec l'importance de l'exploitation et les besoins de la ferme en gaz méthane. En

principe, l'une d'elle est en remplissage, tandis que deux autres produisent du gaz et que la quatrième est en vidage.

L'étanchéité est assurée par la coulée, sur place, de joints en matière imperméable, surtout lorsque les cuves sont fermées par l'assemblage d'éléments préfabriqués. Le fumier frais provenant des étables est versé directement dans la cuve en remplissage et y subit la fermentation aérobie avec dégagement considérable de chaleur. L'air, en effet, peut circuler dans cette cuve car il pénètre par une tuyère située au bas de la cuve tandis que les parois intérieures sont garnies de claies.

La partie supérieure de l'installation comporte deux sortes de couvercles : pour la cuve en remplissage, le couvercle est muni d'une petite trappe pour le chargement du fumier pailleux ; vu ses dimensions restreintes, il peut être manipulé facilement. Les couvercles des 3 autres cuves sont formés par des cloches gazométriques ou des couvercles métalliques formant joints hydrauliques. Un pont roulant léger permet la manipulation des couvercles ainsi que le chargement et le déchargement du fumier.

Le couvercle de la cuve en chargement porte un ajutage destiné à l'arrosage de la masse à l'aide d'eau ou de purin. L'excès de ce liquide d'arrosage, envoyé par une pompe à la partie supérieure de la cuve, retourne à la citerne à purin.

Les cuves soumises à la fermentation méthanique après fermentation aérobie, sont remplies complètement de purin dilué ou d'eau, ensemencées ou non. Avec ce dispositif, la fumière ne serait plus une source de mauvaises odeurs et un attrait pour les mouches. Il permettrait également d'éviter des pertes sensibles en éléments biogéniques et de récupérer un nombre important de calories.

Pendant les périodes froides, des brûleurs placés entre les cuves et l'enveloppe de parpoings pourraient réchauffer la masse en fermentation.

Ce système breveté par M. Mauguin fait l'objet d'une mise en application.

En vue d'obtenir une production de gaz plus rapide, des essais ont été exécutés en Allemagne sur du fumier haché mécaniquement.

Les cuves sont placées dans la fosse à purin et leur contenu agité mécaniquement.

En hiver, le réchauffage est réalisé par la combustion d'une partie du gaz produit.

Après fermentation méthanique, le fumier est déversé dans la fosse à purin dans laquelle on ajoute de l'eau.

Suivant l'auteur, on obtiendrait ainsi un « engrais rapide à maximum d'action » *(Vollkraft-Schnelldünger)*.

Sa valeur fertilisante serait supérieure à celle du fumier ordinaire par suite de sa fermentation rapide. En outre, son épandage s'effectuerait plus aisément.

Le Gazomètre est une cloche métallique dans laquelle s'accumule le gaz produit. Son rôle est double.

1) Il forme tampon entre la production du gaz qui est continue et la consommation qui s'effectue généralement par à-coups ;

2) Il permet de donner une pression convenable au gaz afin d'obtenir le meilleur rendement des brûleurs.

Le gazomètre affecte le plus souvent la forme cylindrique. La cuve inférieure, en maçonnerie ou en béton, est enterrée partiellement ; on laisse le couronnement (supérieur) dépasser de quelques décimètres (50 cm par exemple) le niveau du sol. La cloche qui monte et descend suivant les variations de la production et de la consommation, est presque toujours en tôle d'acier.

On laisse généralement un espace de 5 cm entre cette cloche et la cuve inférieure. La profondeur de la cuve doit être suffisante pour y permettre la descente complète de la cloche. Une charpente métallique, tripode, permet un guidage correct de la cloche dans ses mouvements verticaux. Le gazomètre doit avoir un volume suffisant pour pouvoir stocker la production de 24 heures. Pendant l'hiver, il y a lieu de protéger le gazomètre contre le gel. Le fait d'enterrer la cuve inférieure remplie d'eau assure déjà un réchauffement du liquide par la chaleur de la terre en profondeur dont la température est souvent supérieure à 0°C. On peut, néanmoins, assurer une meilleure protection à l'aide de substances « antigel » ou, simplement, en versant dans la cuve une couche d'huile de vidange des moteurs à explosion.

*La pression du gaz.* — Les appareils fonctionnant au gaz de houille sont généralement conçus pour une pression de 10 grammes par $cm^2$. Le poids de la cloche et de sa surcharge doivent permettre d'atteindre une pression comprise entre 10 et 20 gr/$cm^2$ car dans les canalisations longues et comportant de nombreux coudes, on peut observer des chutes de pression importantes.

### Exemple de mise en marche d'une installation.

L'installation étant construite suivant les règles prescrites, on enduit les parties métalliques (tuyaux, cloches, couvercles, etc...) à l'aide d'imperméabilisants à base de goudron portés à la température convenable pour faciliter leur application. L'intérieur des cuves étant également recouvert de l'enduit imperméable, on peut envisager la mise en marche de l'installation.

*Remplissage de la cuve.* — On place tout d'abord un petit fagot bien serré devant le tube de vidange de la cuve et on le fixe solidement pour que la différence de densité ne le déplace de l'endroit assigné.

Au fond de la cuve, on met ce que l'on appelle le « pied de cuve ». Lorsqu'on ne dispose pas d'un fond de cuve provenant d'une bonne fermentation méthanique antérieure, on conseille un mélange à parties égales de fumier de bovin et de fumier de cheval, ce mélange ayant, *évidemment*, été soumis à la fermentation aérobie préalable. Dans ces conditions, on peut escompter un bon départ de la fermentation méthanique.

Sur ce pied de cuve, on apporte les fumiers ayant subi la fermentation aérobie. On peut aussi introduire dans la cuve les déchets de la ferme renfermant de la cellulose.

Notons que parmi les fumiers employés, celui de mouton est généralement très alcalin ; il fermente très rapidement mais, par contre, le dégagement baisse rapidement. D'autre part, le fumier de porc est plus acide et jouit de propriétés opposées au précédent. On peut corriger l'acidité ou l'alcalinité comme nous le verrons plus loin ; mais un mélange judicieux peut donner de bons résultats.

Comme la cellulose est à la base de la production du gaz méthane, il y a intérêt à ne pas introduire du fumier renfermant trop de déjections animales.

Le fumier est bien tassé par couches successives de 0 m 40 d'épaisseur et arrosé soit avec du purin, soit avec de l'eau ou un mélange d'eau et de purin en provenance, si possible, d'une bonne fermentation méthanique.

On laisse parfois la masse subir pendant 2 ou 3 jours la fermentation aérobie qui provoque ainsi dans la cuve une élévation de température favorable à la fermentation anaérobie qui va suivre.

On remplit alors la cuve à l'aide, par exemple, de purin étendu de son volume d'eau. On pose ensuite le couvercle et le fixe solidement. Le robinet de départ vers le gazomètre est fermé tandis que le robinet d'évacuation à l'air libre est ouvert, afin de permettre l'évacuation de l'air emprisonné entre le dessus du liquide et le couvercle.

Après 24 heures, fermer le robinet et une heure plus tard essayer d'allumer le gaz qui s'échappe de la cuve. S'il n'est pas combustible, attendre quelques temps et refaire un nouvel essai. Quand le gaz brûle convenablement, fermer le robinet d'évacuation à l'air et ouvrir celui du gazomètre.

Le gaz n'est réellement combustible qu'entre le 5$^{e}$ et le 15$^{e}$ jours lorsque la cuve est utilisée pour la première fois. Pour les fermen-

tations suivantes, le méthane apparaît plus rapidement, généralement entre le 1er et le 2e jours, parfois même après quelques heures.

Il faut aussi purger l'air des canalisations conduisant aux appareils utilisateurs.

*Le pH.* — Lorsque la préfermentation aérobie a été exécutée convenablement, le pH s'établit automatiquement dans la zone la plus favorable à la fermentation anaérobie (= 7,5).

Si le dégagement gazeux n'est pas normal, il y a lieu de déterminer le pH. Notons que certains fumiers et débris végétaux peuvent conduire à un milieu trop acide (fumier de porc, fumier artificiel, ordures ménagères, etc...). Le pH peut être déterminé soit à la « touche » à l'aide d'un papier de tournesol ou du papier spécial pour pH soit, préférablement, par électrométrie avec électrode de verre.

*Réchauffage des cuves.* — Sans le réchauffage des cuves, la production méthanique serait pratiquement nulle en hiver. En effet, dès que la température du milieu descend en-dessous de 10°C., le dégagement est insignifiant.

Nous avons vu qu'une calorifugation convenable est nécessaire pour conserver la chaleur présente à l'intérieur de la cuve ; en outre, l'apport de calories extérieures à bon marché est souvent nécessaire au contenu des cuves.

Notons qu'il y a lieu de changer au moins une fois le fumier formant réchaud au cours de la période hivernale afin de maintenir une température convenable dans la cuverie.

*Durée normale d'une fermentation.* — On estime de 0,4 à 0,5 mètre cube la production journalière moyenne de gaz par mètre cube de fumier en cuve. Cette production varie d'un jour à l'autre.

En général, on ne dépasse pas le délai de trois mois pour renouveler le contenu de la cuve ; celle-ci au bout de ce laps de temps ne dégage plus que le tiers du volume qu'elle fournit au début ; on atteint alors environ les 3/4 de la production totale possible.

Certains font varier la durée de la fermentation suivant les besoins : en renouvelant chaque cuve tous les deux mois, on peut obtenir annuellement une quantité de gaz plus importante, en sacrifiant toutefois une partie de la production possible.

Lorsque la fermentation démarre très vite, le délai pratique de production peut être plus court, car on obtient rapidement les 3/4 du volume total.

En général, dans une cuve neuve, la production est lente. Elle s'améliore au cours des cuvées suivantes.

*Vidange d'une cuve.* — Isoler d'abord la cuve du reste de l'installation. La vidange commence par l'écoulement du purin vers la citerne.

Le fumier est enlevé par la suite. On laisse au fond, un « pied de cuve » de 5 cm environ d'épaisseur. Il est intéressant de prévoir une communication des cuves par leur partie inférieure. De cette façon le liquide de vidange d'une cuve peut être dirigé directement vers une autre cuve en préparation.

*Durée des opérations.* — On estime à une demi-journée, le temps nécessaire pour effectuer la vidange et le rechargement d'une cuve.

*Divers.* — Le gaz de fumier renferme parfois des quantités importantes d'hydrogène sulfuré, d'odeur piquante. On a observé une forte production d'$H_2S$ par l'emploi de fumier trop frais, du purin d'écurie ou l'addition d'acide sulfurique.

On peut absorber l'$H_2S$ en le faisant passer dans une boîte renfermant de l'oxyde ferrique ; ce dernier est régénérable par exposition à l'air.

*Entretien.* — Les parties métalliques réclament un goudronnage environ une fois par an (couvercle, tuyauteries). Surveiller spécialement la tuyauterie de départ du gaz.

Une couche d'huile de vidange de 1 à 5 cm protège la cloche du gazomètre contre l'oxydation et contre le gel en hiver.

### Composition des produits provenant de la fermentation méthanique.

*Le gaz.* — Dans de bonnes conditions de production, on estime que le gaz de fumier peut renfermer :

60 à 75 % de méthane ;
25 à 40 % d'anhydride carbonique.

Il contient parfois un peu d'hydrogène, de l'hydrogène sulfuré, de l'hydrogène phosphoré, de l'oxygène et des gaz inertes. C'est un gaz incolore qui, en brûlant, est inodore.

Sa flamme est de couleur bleu-mauve, peu visible le jour, mais très chaude.

Son pouvoir calorifique varie entre 6.000 et 7.000 calories tandis que celui du gaz de houille est compris entre 3.800 et 4.000 calories par $m^3$.

Comme carburant, son pouvoir calorifique est assez voisin de

celui de l'essence. On estime qu'un $m^3$ de gaz de fumier correspond sensiblement à 0,9 litre d'essence.

Il explose difficilement à la pression ordinaire à cause de l'anhydride carbonique qu'il renferme. Son épuration est nécessaire pour l'alimentation des moteurs fixes. Privé du $CO_2$, il fournit 9.000 calories au $m^3$.

Sa puissance est à 6 pour cent près celle de l'essence. L'indice d'octane du méthane est 120 et peut admettre un taux de compression de 14 à 15 ; pour l'essence courante l'indice d'octane est inférieur à 70, avec des taux de compression inférieurs à 6.

Le gaz de fumier n'est pas toxique, à l'inverse du gaz de ville qui renferme de l'oxyde de carbone.

L'odeur piquante du gaz de fumier permet de déceler immédiatement toute fuite.

*Le fumier.* — La production de gaz méthane ne diminue pas la valeur fertilisante du fumier ; on observe souvent un enrichissement en azote par rapport au fumier ordinaire fermenté à l'air libre.

Nous donnons ci-dessous, à titre d'exemple, la composition comparative d'un fumier ordinaire et d'un fumier à la sortie de la cuve de production après égouttage du purin.

| | Fumier ordinaire | Fumier Ducellier et Isman |
|---|---|---|
| Matières sèches | 86,9 | 71 |
| Humidité | 11,1 | 29 |
| Perte au rouge | 11,5 | 25 |
| Matières minérales | 77,4 | 46 |
| Azote total | 0,46 | 0,7 |
| Acide phosphorique | 0,56 | 0,5 |
| Potasse | 0,34 | 0,7 |
| Chaux (surtout carbonatée) | 17,5 | 9 |

Le purin, baignant la matière, contient par litre :

Azote ..... : 0,87 gr.
Anhydride phosphorique : 0,08 gr.
Potasse ($K_2O$) ..... : 3,47 gr.

D'après Ducellier et Isman *(C. R. Acad. Agric. de France, 1942)*, la fermentation méthanique semble n'occasionner aucune perte d'éléments fertilisants : la potasse et l'azote se déplacent simplement et, en partie tout au moins, de la matière solide vers le liquide. D'ailleurs, on n'enlève guère que de 7 à 10 % de la matière du

fumier : la vasculose et les celluloses polymérisées subsistent et la matière qu'on retire de la cuve, après fermentation a sensiblement la composition du fumier de ferme très décomposé.

### Le rendement.

Le rendement pratique que l'on peut escompter d'une installation est basé sur les résultats théoriques obtenus en laboratoire et sur ceux qui ont été relevés d'une manière précise dans certaines situations bien déterminées de la pratique.

On sait, d'après les essais de Ducellier et Isman, qu'un gramme de paille sèche (farine de paille séchée) peut donner 8 centimètres cubes de gaz en 24 heures. D'autre part, suivant les mêmes auteurs, une cuve de 10 mètres cubes, sous le climat d'Alger, non calorifugée et non chauffée, peut dégager par jour entre 1 et 7 $m^3$ de gaz suivant la saison et le stade de la fermentation.

La fermentation d'une tonne de paille, correspondant sensiblement à 3 tonnes de fumier, pourrait fournir annuellement 200 $m^3$ de gaz « méthane » équivalant au point de vue calorifique à 150 litres d'essence.

On estime, qu'en pratique, un mètre cube de fumier peut donner 60 $m^3$ de gaz.

Ainsi que nous l'avons signalé antérieurement, divers facteurs influencent la vitesse du dégagement (réalisation de la préfermentation aérobie, température, pH etc...).

Pour atteindre le rendement maximum, il importe donc d'obtenir en un temps minimum ces 60 $m^3$ de gaz par $m^3$ de fumier.

Nous avons vu également qu'au cours de la phase de production principale, on observe deux maxima de dégagement : le premier provoqué par la destruction rapide et complète des hémicelluloses, le second dû à la minéralisation de la cellulose. Après ce second maximum, la production baisse progressivement, mais pourrait encore se poursuivre pendant des mois.

On conçoit aisément qu'il n'est pas économique de maintenir une cuve en activité « ralentie ». On admet généralement que lorsque la production journalière atteint le tiers du second maximum, il faut vider la cuve et y réintroduire une nouvelle masse cellulosique.

En effet, si nous comparons le rendement de deux cuves identiques dont l'une est chargée tous les six mois et l'autre tous les 2 mois, nous voyons que le rendement de la seconde atteint plus du double de la première au cours d'une année de fonctionnement.

Le rendement maximum que l'on s'efforce d'atteindre actuel-

lement est, par tonne de déchets organiques, un m³ de gaz, par jour pendant 2 mois.

### Utilisation.

Grâce au gaz de fumier, les fermes les plus reculées des campagnes peuvent disposer du confort qu'offre, en ville, le gaz de houille.

Le gaz de fumier, avec ses 6.000 calories par m³, a un pouvoir calorifique supérieur à celui du gaz de houille qui dégage, par combustion, 4.000 calories par m³.

A l'inverse du gaz de ville, le gaz de fumier n'est pas toxique car il ne renferme pas d'oxyde de carbone ; son odeur piquante permet de déceler les fuites éventuellles. En production normale, la combustion ne produit pas de gaz malodorants.

Le gaz de fumier peut servir à tous les usages dévolus au gaz de ville : l'éclairage, le chauffage sous toutes ses formes, la production de force motrice.

Deux applications se complètent d'une manière heureuse au cours de l'année : pendant l'hiver, une partie de gaz produit va au chauffage des locaux, tandis que pendant la belle saison un important volume peut alimenter les moteurs à explosion affectés notamment aux travaux des champs.

Nous avons vu qu'une tonne de fumier peut produire par fermentation 60 m³ de gaz correspondant à :

90 m³ de gaz de ville ;
50 litres d'essence ;
100 kilowatts heure ;
3 bouteilles de butane.

A titre d'exemple, signalons que 2 cuves de 10 m³ chacune (avec gazomètre de 10 m³) permettent d'assurer journellement :

— la cuisine pour 8 personnes ;
— la production de 150 litres d'eau chaude ;
— le fonctionnement du frigidaire ;
— l'usage d'un poste de douche ;
— l'utilisation d'un chauffage d'appoint ;
— la mise en marche pendant 2 heures d'un moteur de 2 CV.

Il est évident qu'une installation plus puissante pourrait subvenir à tous les besoins en chaleur et en énergie réclamés par la ferme, y compris le chauffage central, la production d'électricité par groupe électrogène et la mise sous pression dans des bouteilles en acier

du gaz purifié en vue de l'alimentation des tracteurs agricoles et des automobiles.

Le gaz de fumier peut être considérablement enrichi en éliminant, par des procédés simples et peu coûteux, l'anhydride carbonique qu'il renferme ; son pouvoir calorifique passe alors de 6.000 calories environ à 9.000 calories en moyenne par $m^3$.

Le gaz, ainsi purifié, peut être comprimé à haute ou à moyenne pression suivant la résistance des récipients.

*L'éclairage.* — Bien que l'éclairage direct au gaz de fumier ne présente pas, dans nos régions, un grand intérêt puisque l'électricité est distribuée jusque dans les hameaux les plus reculés, nous signalons néanmoins ce procédé qui pourrait jouir d'un certain succès dans des situations difficiles ou dans des pays où la distribution de l'électricité n'a pas encore été poussée assez loin, certaines régions intertropicales, par exemple ; en outre, il peut être d'un sérieux appoint en cas de panne d'électricité.

L'éclairage direct au gaz de fumier est réalisable à l'aide de manchons à incandescence analogues à ceux qui furent employés sur une grande échelle, il y a un demi-siècle, lorsque l'électricité n'avait pas pris le développement que nous connaissons actuellement.

Le réglage des becs doit être adapté à la pression donnée par la cloche du gazomètre.

La lumière est agréable et nettement meilleure que celle fournie par le pétrole et d'autres procédés anciens.

La consommation est faible et de l'ordre de 100 litres par heure et par bec.

L'éclairage indirect par le gaz de fumier peut être réalisé à l'aide d'un groupe électrogène avec, en tampon, une batterie d'accumulateurs. La ferme peut donc produire elle-même son électricité laquelle permet non seulement l'éclairage des locaux mais le fonctionnement des nombreuses applications de l'électricité : petits moteurs ménagers, appareils de radio, trayeuses mécaniques, couveuses, éleveuses, etc...

*Le chauffage.* — Le chauffage au gaz de fumier est l'une des applications les plus intéressantes ; elle est directement applicable à la ferme.

Le rendement des brûleurs à gaz dépend, entre autres, de la pression. La pression du gaz de ville est comprise entre 6 et 8 cm d'eau, soit environ 6 à 8 grammes par $cm^2$.

La pression du gaz de fumier peut être portée jusqu'à 12 ou 15 cm d'eau ; nous avons vu qu'elle peut être obtenue par un lestage

approprié le long du bord inférieur de la cloche du gazomètre.

La plupart des appareils de chauffage actuellement dans le commerce ont été conçus pour le gaz de ville ou le gaz butane. Leur adaptation au gaz « méthane » est facilement réalisable par le réglage des gicleurs et des brûleurs. Certains constructeurs envisagent sérieusement la mise au point de brûleurs spéciaux pour le gaz de fumier.

Les appareils de chauffage peuvent permettre à la ferme de très nombreuses applications ; nous ne citerons que quelques-unes d'entre elles.

*La cuisine.* — Toutes les préparations culinaires peuvent être exécutées au gaz « méthane ». Ce dernier permet donc une économie importante non seulement en bois et en charbon mais aussi en main-d'œuvre pour leur préparation ou leur amenée à pied d'œuvre.

Cette partie de l'exploitation consomme relativement peu de gaz ; le nombre et la puissance des brûleurs à prévoir est en relation directe avec le nombre de repas à préparer. Signalons que plus le nombre de convives est élevé, moins importante est la quantité de combustible nécessaire par personne.

Cette règle est d'ailleurs d'application générale pour tous les usages que l'on peut faire des combustibles ; ceci nous conduit à considérer le grand avantage d'une installation de gaz de fumier dans les grosses exploitations, les écoles d'agriculture avec pensionnat et, en général, dans les collectivités.

*La cuisson des aliments pour le bétail* peut être réalisée sans grosses difficultés avec le matériel existant avec chauffage au bois ou au charbon de houille.

Des brûleurs analogues peuvent être placés sous la *lessiveuse*. Si celle-ci est importante, elle peut être actionnée par un moteur à gaz « méthane » ou indirectement par l'électricité produite à la ferme.

*Une réserve d'eau chaude* est souvent obtenue à l'aide de courant électrique. Le gaz méthane peut remplacer cette source de chaleur sur laquelle il a l'avantage d'être meilleur marché et absolument à l'abri des « coupures » du courant.

Suivant le même principe, on peut installer un chauffe-eau dit « instantané ». A titre d'exemple, le débit peut être de 2 à 5 litres d'eau chaude pour la cuisine ou le lavabo, de 10 à 15 litres pour la salle de bain ou de douche.

Un système analogue peut être prévu à la *laiterie* où grâce à un débit rapide d'eau chaude, il assure un lavage rationnel de la vaisselle laitière.

Il n'est pas possible d'envisager ici toutes les applications du

gaz « méthane » à la ferme et au ménage : en général, il peut remplacer les sources de chaleur engendrées par le courant électrique et le gaz de ville.

*En aviculture,* il peut remplacer le charbon, le pétrole, le gaz de ville et l'électricité dans les couveuses et les éleveuses : l'importante réserve de gaz dans le gazomètre met l'installation avicole à l'abri des interruptions dans le dégagement de calories demandé.

*Les appareils frigorifiques* actionnés par le gaz de ville peuvent être adaptés très simplement au gaz de fumier. La consommation des appareils de capacité courante est comprise entre 1 et 2 $m^3$ de gaz par 24 heures.

La grosse question du *chauffage des locaux* exige un examen approfondi de la situation.

Tout d'abord cette éventualité ne peut être retenue que pour une installation productrice importante. Une bonne utilisation de celle-ci consisterait en la consommation des nombreux mètres cubes produits en hiver pour le chauffage des locaux, et, en été, l'utilisation du combustible gazeux, purifié préalablement et mis sous pression dans des bouteilles en acier, à la production de force motrice par les tracteurs en vue d'effectuer les travaux des champs.

Le chauffage au gaz méthane offre l'avantage de laisser les locaux en parfaite propreté et de ne pas exiger un entretien continuel des foyers, comme c'est le cas pour le chauffage au bois et au charbon ; de plus, il est très économique. Le gaz méthane n'est pas toxique.

Le chauffage des locaux peut être réalisé :

1) par radiateurs individuels ;

2) par chaudière centrale ;

3) par air chaud pulsé.

*Le chauffage par radiateurs individuels.* — Les appareils conçus pour la combustion du gaz de ville peuvent être adaptés au gaz méthane après un réglage préalable du gicleur.

L'emplacement généralement adopté est le voisinage d'une cheminée pour permettre l'évacuation des gaz de la combustion. Signalons que certains radiateurs sont pourvus de thermostats avec veilleuse ; ce dispositif règle automatiquement la combustion suivant la température que l'on désire obtenir dans la pièce. Ce dispositif présente l'avantage de répartir et de proportionner la chaleur suivant les besoins. Il offre cependant l'inconvénient, par rapport au chauffage central, de nécessiter la surveillance et le réglage de chaque radiateur.

*Le chauffage par chaudière centrale* est basé sur le même principe que ceux qui sont alimentés par d'autres combustibles (charbon de houille, mazout, etc...).

Les chaudières fonctionnant au charbon peuvent être modifiées

pour le chauffage au gaz méthane. Des brûleurs spéciaux sont introduits dans la chaudière.

On considère toutefois qu'une chaudière à charbon ainsi transformée exige environ 10 % en plus de calories que pour le chauffage au charbon.

Si l'on envisage le placement d'une installation de chauffage central, il faut acquérir un type spécialement conçu pour le chauffage au gaz.

*Le chauffage par air pulsé.* — L'air chauffé à intervalles déterminés, dans un foyer central, est réparti entre les différents locaux à chauffer.

On peut aussi utiliser plusieurs générateurs de moindre puissance disposés judicieusement pour permettre une distribution rationnelle de l'air chaud.

Ce système est surtout d'application dans les locaux occupés par intermittence.

A la ferme il est parfois nécessaire de chauffer certains locaux, soit pour la conservation, soit pour la transformation des produits agricoles ; ce dispositif peut fournir un appoint intéressant.

*La force motrice.* — Le gaz de fumier est un combustible riche dont le pouvoir antidétonant élevé en fait un carburant de valeur.

Il peut servir directement à l'alimentation des moteurs à explosion, son pouvoir calorifique oscillant entre 5.500 et 6.500 calories au mètre cube ; la perte de puissance par rapport à celle de l'essence est peu sensible. On peut y remédier en augmentant le taux de compression.

Nous avons vu, en outre, qu'en éliminant par lavage l'anhydride carbonique qu'il renferme, on obtient du méthane presque pur fournissant environ 9.000 calories par $m^3$.

Il est particulièrement intéressant de comprimer ce gaz riche, soit à haute, soit à moyenne pression, et de l'utiliser sous cet état à la traction automobile des véhicules de la ferme.

L'installation productrice de gaz méthane, libérée du nombre important de calories qu'elle doit fournir en hiver pour le chauffage des locaux, pourrait, dès les premiers beaux jours, consacrer la majeure partie de sa production à la traction automobile nécessaire aux travaux des champs.

Signalons qu'au point de vue technique, le carburateur placé sur les véhicules à essence, est mis hors circuit et remplacé par un dispositif très simple de mélange du gaz méthane et d'air.

Le gaz méthane ne produit pas de calamine ni de dépôt de « charbon » dans les moteurs à explosion.

### Considérations d'ordre économique.

Généralités. — La récupération du gaz méthane à la ferme est intéressante en toutes circonstances comme nous le verrons par la suite, mais plus particulièrement au cours des périodes pendant lesquelles le combustible nécessaire à l'éclairage, au chauffage et à la force motrice est rare et cher (situation économique du pays, complications internationales, etc...). On peut affirmer qu'elle s'impose dans les exploitations éloignées de tout centre urbain, où, par conséquent, la distribution du gaz de ville n'est pas possible et où, parfois, l'énergie électrique n'est pas amenée à pied d'œuvre.

Signalons le grand intérêt de ces installations dans les pays peu évolués de certaines régions intertropicales et subtropicales où, aux considérations énoncées ci-dessus, vient s'ajouter, en sa faveur, un très gros argument technique : une température ambiante élevée, extrêmement favorable à une production abondante de gaz méthane.

Ainsi que nous le verrons par la suite, l'investissement de capitaux assez importants se justifie par leur rentabilité.

En outre, l'agriculture est en mesure de produire elle-même, sur place, et sans aucune transformation, l'énergie qui lui est nécessaire ; elle peut l'obtenir à un prix de revient particulièrement intéressant ; elle a, en outre, la certitude que cette énergie ne lui fera jamais défaut.

### Les installations.

*Les cuves métalliques* permettent, en été, un échauffement rapide de la masse en fermentation sous l'action des rayons calorifiques solaires ; il en résulte, de ce fait, une production de gaz importante.

En hiver, sous l'influence du « réchaud » de fumier frais, en fermentation aérobie, les calories passent rapidement de l'extérieur vers l'intérieur.

Malgré ces avantages importants, les cuves métalliques sont peu utilisées car elles coûtent plus cher que les cuves en béton et, d'autre part, elles doivent être soumises à un entretien soigneux et constant sous peine de les voir hors d'usage à bref délai.

*La cloche gazométrique* est parfois placée sur la cuve de production. Ce dispositif n'est pas recommandable dans nos régions à hivers souvent rudes car il se prête mal au calorifugeage et au réchauffement hivernal, notamment, par le fumier frais. Dans la plupart des installations, les cuves de production sont reliées par tuyauterie à un gazomètre séparé.

Ce système à cloche gazométrique est recommandé par Ducellier et Isman en Afrique du Nord.

*Constructions en béton ou en brique.* Le béton est le matériau le plus employé.

On distingue les cuves en béton vibré à parois très minces (éléments préfabriqués), les cuves « monobloc » à parois d'épaisseur moyenne (plus ou moins 10 cm d'épaisseur) ; les cuves à parois très épaisses, en béton poreux, à propriétés calorifuges très marquées, et enfin les cuves formées à l'aide de parpoings et de briques spéciales analogues à celles utilisées pour le montage des silos à fourrage.

Pour fixer les idées quant au coût des diverses installations, examinons les prix de revient approximatifs de cuves de capacité de 10 m³ construites suivant quelques-uns de ces procédés.

*Les cuves à parois très minces en béton « vibré »*, sont fournies généralement en éléments préfabriqués par des firmes équipées spécialement pour ce travail ; elles sont le plus souvent couvertes par un brevet.

On peut estimer qu'actuellement une cuve de 10 m³ établie suivant ce procédé coûte environ : 12.500 fr (de 10.000 à 15.000 fr suivant les frais de transport et de douane, le coût de la main-d'œuvre employée pour le montage, etc...).

La partie métallique intervient pour près de 50 pour cent (couvercle, tuyauterie, etc...).

Pour un gazomètre de 10 mètres cubes, adapté à une installation de 3 cuves de 10 m³ chacune, il faut compter actuellement sur une dépense d'environ 25.000 fr.

*Lorsque les cuves sont en béton dont les parois sont d'épaisseur moyenne,* coulées sur place avec l'aide *d'une main-d'œuvre supplémentaire,* on peut estimer le prix de revient d'une cuve de 10 m³ à environ 10.000 francs tandis que le gazomètre de 10 m³ coûterait environ 15.000 fr.

*Une installation construite à l'aide de « moules à silos »*, par le cultivateur fournissant lui-même la presque totalité de la main-d'œuvre, coûte environ 5.000 fr pour la cuve de production de 10 m³ ; le gazomètre de 10 m³ est estimé à 7.500 fr.

### Coût approximatif de quelques types d'installations.

Prenons comme installation type celle comprenant 3 cuves de production de 10 m³ et un gazomètre de 10 m³.

*a)* Cuves en éléments préfabriqués, à parois minces en béton vibré :

| | |
|---|---|
| 3 cuves à 12.500 fr. | 37.500 fr. |
| Gazomètre | 25.000 fr. |
| Total | 62.500 fr. |

*b)* Cuves « monobloc » à parois d'épaisseur moyenne, coulées sur place, avec main-d'œuvre supplémentaire :

| | |
|---|---|
| 3 cuves à 10.000 fr. | 30.000 fr. |
| Gazomètre | 15.000 fr. |
| Total | 45.000 fr. |

*c)* Cuves construites à l'aide de « moules à silos » par le cultivateur, fournissant lui-même la presque totalité de la main-d'œuvre :

| | |
|---|---|
| 3 cuves à 5.000 fr. | 15.000 fr. |
| Gazomètre à 7.500 fr. | 7.500 fr. |
| Total | 22.500 fr. |

La réalisation de ces différents types d'installations exige donc l'investissement de capitaux variant entre de larges limites.

Pour fixer le prix de revient du mètre cube de gaz de fumier, nous considérons deux cas extrêmes ; la plupart de ces installations peuvent alors, quant à leur coût, se situer entre les limites suivantes.

*a)* Installation la meilleure marché : cuves monoblocs ou à moules à silos, construites presque entièrement par l'exploitant = environ 30.000 fr.

*b)* Cuves en éléments préfabriqués, en béton vibré, muni d'accessoires supplémentaires (réchauffeur, mélangeur, etc.) = environ 100.000 fr.

Nous fixons arbitrairement le taux d'intérêt du capital engagé à 4 pour cent.

En portant la période d'amortissement respectivement à 5 ans, 10 ans, 15 ans et 20 ans, nous pouvons calculer le prix de revient du mètre cube de gaz ou de 1.000 calories pendant ces périodes.

D'autre part, nous avons vu antérieurement que chaque mètre cube de fumier doit produire 60 mètres cubes de gaz en deux mois (optimum vers lequel nous devons tendre présentement dans nos régions).

Les 30 mètres cubes de cuves de production fourniront en 2 mois :

$60 \text{ m}^3 \times 30 = 1.800 \text{ m}^3$ ou

$1.800 \text{ m}^3 \times 6 = 10.800 \text{ m}^3$ par an.

NOTE.

La température moyenne de l'air en Belgique est nettement inférieure à celle des pays méditerranéens ; on peut donc présumer que durant la période d'adaptation de cette technique à notre climat, le dégagement gazeux pourrait être inférieur à 60 $m^3$, par $m^3$ de fumier, en deux mois.

Nous estimons que la production de gaz de fumier sera comprise entre 1/2 et un $m^3$, par jour et par $m^3$ de fumier pendant la période de deux mois. Les prix de revient calculés ci-dessous pourraient être momentanément supérieurs à ceux qui sont renseignés, avec comme limite supérieure le double de cette valeur.

PRIX DE REVIENT DU $M^3$ DE GAZ EN FONCTION DE LA DURÉE DE L'AMORTISSEMENT.

*Amortissement en 5 ans.*

*Installations coûtant 30.000 fr.*

Taux de l'intérêt annuel = 4 %.
Intérêt annuel = 4 fr × 300 = 1.200 fr.
Intérêts en 5 ans = 1.200 fr × 5 = 6.000 fr.
Capital et intérêts à amortir en 5 ans = 36.000 fr.
Nombre de $m^3$ produits en 5 ans = 10.800 $m^3$ × 5 = 54.000 $m^3$.

Prix de revient du mètre cube $= \frac{36.000}{54.000} = 0$ fr 67.

*Installations coûtant 100.000 fr.*

Par un calcul analogue ou en multipliant 0 fr 67 par $\frac{10}{3}$, on obtient le prix de revient du $m^3$, soit : 2 fr 22.

*Amortissement en 10 ans.*

*Installations coûtant 30.000 fr.*

Intérêts = 1.200 fr × 10 = 12.000 fr.
Capital + intérêts = 42.000 fr.
Gaz produit en 10 ans = 108.000 $m^3$.
Prix de revient du $m^3$ = 0 fr 388 (0 fr 39).

*Installations coûtant 100.000 fr.*

Prix de revient du $m^3$ = 0 fr 388 × 10/3 = 1 fr 296 (1 fr 30).

*Amortissement en 15 ans.*

*Installations coûtant 30.000 fr.*

Intérêts = 1.200 fr × 15 = 18.000 fr.
Capital + intérêts = 30.000 fr + 18.000 fr = 48.000 fr.
Gaz produit en 15 ans = 162.000 m³.

Prix de revient du mètre cube $= \frac{48.000}{162.000} = 0$ fr 2962 (0 fr 30).

*Installations coûtant 100.000 fr.*

Prix de revient du m³ : 0 fr 2962 × 10/3 = 0 fr 987 = 0 fr 99.

*Amortissement en 20 ans.*

*Installations coûtant 30.000 fr.*

Intérêts = 1.200 fr × 20 = 24.000 fr.
Capital + intérêts = 30.000 fr + 24.000 fr = 54.000 fr.
Gaz produit en 20 ans = 216.000 m³.

Prix de revient du m³ $= \frac{54.000}{216.000} = 0$ fr 25.

*Installations coûtant 100.000 fr.*

Prix de revient du m³ = 0 fr 25 × 10/3 = 0 fr 833 (0 fr 83).

PRIX DE REVIENT DES 1.000 CALORIES EFFECTIVES FOURNIES PAR LE GAZ MÉTHANE.

Nous admettons comme base de calcul le pouvoir calorifique du gaz de fumier égal à 6.000 calories par m³.

Prix de revient approximatif de 1000 calories.

| Capital engagé | Amortissement en : | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 5 ans | 10 ans | 15 ans | 20 ans |
| | fr. | fr. | fr. | fr. |
| 30.000 | 0,11 | 0,06 | 0,05 | 0,04 |
| 40.000 | 0,15 | 0,09 | 0,07 | 0,06 |
| 50.000 | 0,19 | 0,11 | 0,08 | 0,07 |
| 60.000 | 0,22 | 0,13 | 0,10 | 0,08 |
| 70.000 | 0,26 | 0,15 | 0,12 | 0,10 |
| 80.000 | 0,30 | 0,17 | 0,13 | 0,11 |
| 90.000 | 0,33 | 0,19 | 0,15 | 0,13 |
| 100.000 | 0,37 | 0,22 | 0,16 | 0,14 |

Remarques.

1) On peut noter que les diverses manipulations effectuées aux cuves réclament un léger supplément de main-d'œuvre de la part du personnel ; toutefois, dans bien des situations, on peut le considérer comme négligeable car on profitera des périodes d'arrêt des travaux habituels (mauvais temps) pour exécuter les principales opérations aux cuves.

Néanmoins, à titre d'exemple, nous estimerons ce supplément de travail à environ 1/6 du travail normal du transport de l'écurie à la fumière, soit une heure ou 17 fr par tonne. Les trois cuves recevant annuellement 30 T × 6 = 180 T, nous donnent un total annuel de 17 fr × 180 = 3.060 fr, ce qui augmente le prix de revient des 10.800 m³ produits annuellement de : $\frac{3.060}{10.800} = 0$ fr 28. On peut considérer que, dans la plupart des cas, ce supplément de 0 fr 28 au m³ ne sera pas atteint. Le transport mécanique peut encore réduire considérablement ce coût des manipulations supplémentaires.

2) Le rendement fixé à 60 m³ de gaz par m³ de fumier pendant une période de 2 mois peut varier sous l'influence de différents facteurs (température, pH, installation elle-même,...).

En supposant que dans les installations les moins bien conçues et les moins bien traitées au point de vue technique le rendement tombe aux 2/3, c'est-à-dire à 40 m³ au lieu de 60 m³, le prix de revient au m³ est encore intéressant. Par contre, le pouvoir calorifique du gaz de fumier est généralement supérieur d'environ 1/3 à celui du gaz de ville ; cette particularité joue en faveur de la rentabilité de ces installations.

3) Le fumier obtenu en fin de fabrication est au moins égal, en qualité et quantité, à celui que l'on retire de la fumière au bout du même laps de temps. Le gaz méthane dégagé dans les conditions habituelles se perd dans l'atmosphère. Il s'agit donc d'une récupération d'un combustible gazeux de grande valeur.

Tableau comparatif de quelques sources de chaleur.

| | Charbon domestique (le Kg) | Mazout Fueloil (le litre) | Gaz de ville (le m³) | Butagaz (le m³) | Électricité (le Kw) |
|---|---|---|---|---|---|
| | fr. | fr. | fr. | fr. | fr. |
| Prix courant | 1,70 | 2,50 | 3,40 | 5,20 | 2,60 |
| Calories dégagées | 7.500 | 10.250 | 4.250 | 31.500 | 870 |
| Rendement approximatif en % | 40-50 | 45-70 | 33-80 | 55-80 | 80-100 |
| Prix approxim. des 1000 calories | 0,45-0,55 | 0,35-0,55 | 1,00-2,40 | 1,40-2,10 | 3,00-3,10 |

4) *Gaz de ville.* Certaines usines à gaz fournissent parfois le gaz à un tarif spécial, notamment en faisant une réduction sur le prix des 20 premiers m³ consommés chaque mois. Dans ces conditions, le prix du m³ peut descendre à 2 fr 30 en moyenne au lieu de 3 fr 40 comme mentionné ci-dessus.

*Gaz butane* (Butagaz). La pression de ce gaz dans les brûleurs est d'environ 4 fois celle du gaz de ville (300 mm pour le Butagaz et 70 mm pour le gaz de ville). Le rendement calorifique des brûleurs à Butagaz paraît supérieur à celui du gaz de ville.

*Électricité.* Le prix fixé à 2 fr 60 suppose le prix du Kw industriel, redevance pour l'abonnement comprise.

### La production du gaz méthane envisagée sur le plan communal et sur le plan national.

Suivant les renseignements publiés par l'Institut National de Statistique, il est possible d'établir les quantités approximatives de pailles produites annuellement en Belgique.

Les quantités de pailles fournies par les principales céréales se répartissent sensiblement comme suit :

| | |
|---|---|
| Froment d'hiver | 650.000 tonnes |
| Froment d'été | 60.000 tonnes |
| Seigle | 550.000 tonnes |
| Épeautre | 20.000 tonnes |
| Méteil | 10.000 tonnes |
| Escourgeon | 100.000 tonnes |
| Orge d'été | 150.000 tonnes |
| Avoine | 750.000 tonnes |
| soit au total | 2.290.000 tonnes |

On estime que 50 % des pailles vont à la litière, 40 % servent à l'alimentation des animaux et 10 % sont affectés à des usages divers.

Donc 1.145.000 tonnes fourniraient approximativement 3.435.000 tonnes de fumier frais ou environ 2.290.000 m³ de fumier.

Chaque m³ de fumier dégageant 60 m³ de gaz en 2 mois, le volume susceptible d'être recueilli serait égal à 60 m³ × 2.290.000 = 137.400.000 m³ par an.

Au point de vue calorifique, 200 m³ de gaz de fumier valent approximativement 150 litres d'essence.

Dans ces conditions, il serait possible de produire en Belgique l'équivalent d'environ 1 million d'hectolitres d'essence sous forme de gaz méthane.

Le kilo de charbon dégage environ 6.000 calories ; le $m^3$ de gaz de fumier également. Il s'ensuit que les 137.400.000 $m^3$ permettraient l'économie annuelle de 137.000 tonnes de charbon.

En estimant la tonne de charbon domestique rendue dans les fermes du pays à 1.700 fr, la Belgique pourrait économiser 1.700 fr × 137.000 soit 232.900.000 fr de combustible.

Cette récupération pourrait permettre la mise en activité de plus de 4.000 installations comprenant 3 cuves de production de 10 $m^3$ et un gazomètre de 10 mètres cubes.

Notons que, dans bien des cas, l'agriculteur pourrait réaliser lui-même, avec l'aide d'un maçon, une installation de même puissance de production pour un prix compris entre 30.000 et 35.000 fr.

En outre, le prix de revient du mètre cube effectif d'une construction peut être abaissé considérablement dans les grosses cuveries. A titre d'exemple, le capital engagé pour la construction d'une grosse cuve de 120 $m^3$ sera nettement inférieur à celui de 12 cuves de 10 $m^3$ ou de 8 cuves de 15 $m^3$.

Le groupement de nombreuses petites installations en quelques grosses « centrales » productrices (coopératives, UPA, etc...), permettrait une économie notable à la construction et la possibilité d'y adjoindre des accessoires très intéressants (un système de chargement et de déchargement mécaniques, un mélangeur, un réchauffeur, etc...).

Voyons l'ordre de grandeur de la cuverie dont pourrait disposer un village « moyen » en Belgique.

Il existe, dans notre pays, environ 2.700 communes. Nous avons vu précédemment que les 50 pour cent des pailles produites allant à la litière fourniraient 2.290.000 $m^3$ de fumier frais. En laissant tomber environ 410 villes où l'on ne peut escompter une production de matières premières suffisantes, on arrive au total de 1.000 $m^3$ environ par commune.

Pour assurer une production continue du gaz, il est nécessaire, comme nous l'avons vu précédemment, de disposer d'au moins 3 cuves.

Dans ce cas, l'installation pourrait comporter, par exemple, 3 cuves de 350 $m^3$, 4 cuves de 250 $m^3$, 5 cuves de 200 $m^3$ ou 10 cuves de 100 $m^3$.

Le volume de 1.000 $m^3$ de cuverie n'exprime, évidemment, qu'un *ordre de grandeur* ; suivant les localités, il pourra varier du simple au décuple, trop de facteurs intervenant dans l'évaluation des matières cellulosiques disponibles pour la production méthanique. Donc, le cas de chaque localité doit être examiné spécialement ; cette étude, peut d'ailleurs, se faire très facilement.

Dans l'estimation du fumier produit en Belgique, nous n'avons pas tenu compte qu'une partie importante de pailles alimentaires (40 %) va également à la fumière ; si nous ajoutons que d'autres substances, telles que les tiges de maïs, de colza, fanes de pommes de terre, etc... peuvent entrer dans la fabrication du gaz méthane, nous voyons que la production de ce précieux combustible a été fortement sous-estimée ; cette sous-estimation vient renforcer l'intérêt de cette technique. Par contre, il est possible que 60 $m^3$ de gaz par $m^3$ de fumier en deux mois, ne soient pas toujours atteints, notamment lors de la mise en marche de l'installation.

Notons également que de nombreux déchets de la vie domestique peuvent être envoyés à la cuve productrice de gaz méthane ; il en est de même de certains résidus industriels.

Le problème du traitement des déchets urbains, d'eau et de matières résiduaires pourrait être orienté, après étude préalable, vers la production de gaz méthane. Certaines grandes villes disposent, actuellement, d'installations permettant la récupération du gaz à partir de ces déchets et résidus. Dans les cuveries d'une certaine importance et où la disponibilité de gaz est forte, un poste de purification et de compression pourrait être prévu. Il permettrait de livrer en « bouteilles », analogues à celles du « Butagaz », le « Métagaz » nécessaire aux divers foyers de la localité.

Elle assurerait également le remplissage régulier des « tubes » renfermant le carburant des tracteurs et des véhicules automobiles.

Les bénéfices réalisés dans ce dispositif permettraient d'envisager la pose de tuyaux de distribution du gaz dans les différentes rues au fur et à mesure que la commune effectuerait la réfection ou l'amélioration de la voirie.

La production du gaz méthane se présente, dans ces conditions, comme une industrie de récupération intéressante et rentable ; elle contribuerait puissamment à l'embellissement de la vie rurale et, par les investissements qu'elle nécessiterait au départ, elle résorberait fortement le chômage au cours de la période de construction ; dans chaque commune, par la suite, elle assurerait le pain quotidien aux deux ou trois personnes chargées de veiller à la bonne marche de l'exploitation.

# Amylases fongiques

par

F. Delecour,
*Ingénieur Chimiste et des Industries Agricoles Gx.*

Dans un précédent article (*Annales*, 1950, n° 3), nous avions envisagé la question des amylases fongiques surtout du point de vue de leurs applications industrielles. Nous voudrions aujourd'hui, nous transporter sur un terrain plus général et examiner diverses propriétés et caractères de ces amylases. Nous pensons plus spécialement aux organismes producteurs, aux milieux de culture, à la purification de ces amylases, à leur caractère antigénique, à l'influence de quelques facteurs du milieu, aux déterminations de pouvoir amylolytique, au mode d'action de ces amylases et à une comparaison de leurs caractéristiques avec celles de l'amylase du malt.

## I. Organismes producteurs d'amylase.

Ils sont très nombreux. On peut dire, d'une manière générale, que produisent de l'amylase toutes les moisissures capables d'attaquer les matières amylacées : grains de céréales, tubercules de pommes de terre, bulbes de tulipe, etc... Nous avons déjà signalé quelques espèces productrices (4), mais à cette liste, nous pouvons ajouter beaucoup de noms, tels que :

*Penicillium glaucum* (5) ; *Fusarium graminearum* (32) ; *Achlya dubia* et *Thraustotheca clavata* (26) ; *Rhizopus peka, Rh. liquefaciens, Rh. oligosporus, Mucor javanicus*, ces quatre dernières effectuant en même temps la fermentation alcoolique (41) ; *Pen. Roqueforti, Asp. parasiticus, Asp. tamarii, Asp. effusus, Asp. ochraceus* (34) ; *Asp. alliaceus, Asp. foetidus* (3) ; *Fus. roseum* qui saccharifie l'inuline des tubercules de *Dahlia* (12) ; *Rh. javanicus* var. *kawasakiensis* (33) ; *Asp. terreus, Pen. notatum* (9) et bien d'autres encore. Nous avons nous-mêmes isolé, à partir d'échantillons de terres, plusieurs souches fongiques, amylolytiques à des degrés divers : *Asp. niger, Asp. flavus*, une autre moisissure du groupe *Asp. flavus-oryzae*, plusieurs *Penicillia*. Des bulbes de tulipe nous ont donné *Pen. corymbiferum*.

Bien entendu, toutes ces souches sont loin de posséder le même pouvoir amylolytique ; il est donc nécessaire de déterminer celui-ci avec le plus grand soin. Nous y reviendrons plus loin.

## II. Milieux de culture.

Les milieux de cultures utilisables sont très divers. Les plus utilisés dans la pratique sont le son de froment humidifié d'eau ou d'HCl 0,2-0,3 N d'une part, les résidus des colonnes de distillation, en milieu liquide, d'autre part.

Plusieurs milieux artificiels sont utilisés pour les recherches de laboratoire. En voici quelques exemples (18, 39, 7) :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Infusion de maïs | 20 gr. | « Syrup stillage » (38 % mat. sèche) | 50 gr. |
| Glucose commercial | 10 gr. | Glucose commercial | 20 gr. |
| $CaCO_3$ | 2,5gr. | $CaCO_3$ | 1 gr. |
| Eau de conduite | 1000 cc. | Eau de conduite | 1000 cc. |
| Glucose | 5 % | Source de C. (glucides divers) | 0,5 — 1 % |
| $NH_4NO_3$ | 0,5 % | $NH_4NO_3$ | 0,25 % |
| $K_2HPO_4$ | 0,1 % | $K_2HPO_4$ | 0,05 % |
| $MgSO_4 . 7\ H_2O$ | 0,05 % | $MgSO_4 . 7\ H_2O$ | 0,025 % |

Plusieurs auteurs ont étudié la forme sous laquelle certains éléments, surtout l'azote et le carbone, sont le plus favorables à la production d'amylase.

Bindal et Sreenivasaya (1) cultivèrent *Asp. oryzae* sur de l'asbeste à laquelle ils ajoutaient un milieu de base et diverses formes d'azote. Ils notèrent que les nitrates et les sels ammoniacaux permettent une bonne croissance et induisent la formation d'amylase. L'asparagine se montra supérieure à la tyrosine et à la glycine. Quant aux peptones, leur effet serait subordonné à la nature des acides aminés qui les constituent ainsi qu'à leurs propriétés dimensionnelles et de structure.

Pour Raghavendra Rao et Sreenivasaya (22), le cation associé au radical $NO_3$ des nitrates paraît influencer la formation de diastase : K se montrait favorable, Ca défavorable. Ils remarquèrent encore que l'acétate ammonique constituait la meilleure source d'N pour l'élaboration d'amylase par *Asp. oryzae*. Ces auteurs trouvèrent aussi que les sels ammoniques d'acides inorganiques induisant un changement défavorable du pH, ne convenaient pas comme source d'azote.

Pour ce qui est de l'obtention du carbone, ces mêmes auteurs (21) signalent que l'amidon et ses produits d'hydrolyse, glucose et maltose, viennent au premier rang comme producteurs d'amylase, tandis que les autres hydrates de carbone ne stimulent pas la formation de diastase. Mais d'autre part, Funke (7) conclut de ses recherches que la composition chimique du milieu de culture n'a

pas d'influence sur la quantité d'amylase produite. Il utilisait des milieux à 0,5-1 % de matières hydrocarbonées, mais il fait remarquer que sur des milieux à 5 %, la production d'amylase est la même. Pour *Asp. niger*, Funke (6) établit que le glucose et l'amidon favorisent la production d'amylase, que le fructose, le mannose, le lactose et l'inuline lui nuisent ; de son côté, le galactose est nuisible indirectement, par les produits de son métabolisme.

En ce qui concerne la culture sur son de froment, Guagnini et Jacovkis (10) emploient du son humidifié d'un égal poids de HCl 0,3N. *Asp. oryzae* pousse encore dans un mélange avec HCl 0,4N mais pas avec HCl 0,5N. Ils ont accoutumé l'organisme à pousser en présence de 0,1 % de phénol, sans diminution du rendement en enzyme.

## III. Purification des amylases fongiques.

La notion de purification est ici toute relative, car on entraîne toujours, à côté de l'amylase, d'autres substances précipitables par les mêmes réactifs. C'est le cas notamment pour les protéinases et une séparation ultérieure des deux enzymes en cause peut être réalisée par un traitement approprié.

Les principales méthodes utilisées pour la précipitation des amylases fongiques peuvent se répartir en trois groupes, selon l'agent précipitant employé : alcools, sels divers ou adsorbants.

### 1) *Précipitation par les alcools.*

Gates et Kneen (8) ont étudié la précipitation de l'amylase du son fongique au moyen d'acétone, ou d'alcools méthylique, éthylique ou isopropylique. Ils recherchèrent l'influence de la concentration de l'agent précipitant, de la température, de la concentration en ions H, de la qualité et de la quantité des ions présents. Ces deux auteurs classent par ordre décroissant d'efficacité de précipitation : acétone, alcools isopropylique, éthylique et méthylique. Ils se basent sur la concentration requise pour permettre une récupération de 90 % de l'activité amylolytique. Les alcools éthylique et méthylique provoqueraient une perte d'activité si on les laissait en contact avec l'enzyme précipité, soit au cours de la précipitation, soit pendant le séchage. Pour tous les agents précipitants essayés, la concentration optimum en ions H est telle que le pH se trouve entre 5,5 et 5,6. La présence d'un excès de cations multivalents dans l'extrait nuit à l'activité du précipité. La conclusion des auteurs est que le meilleur agent précipitant est l'alcool isopropylique.

D'après Raghavendra Rao *et al.* (20), la précipitation alcoolique (70 % en volume à 0-5°C) fournit dans le précipité 91,7 % de l'activité amylolytique totale. Pour ces auteurs, l'alcool possède l'avantage de donner un précipité clair et actif, ne nécessitant aucun traitement ultérieur.

Harada (11) observe que l'addition d'environ 0,2 % de phosphate alcalin à un extrait aqueux de « son fongique » empêche la formation d'un précipité gommeux, ce qui augmente légèrement l'activité amylolytique par rapport à la précipitation directe. Gates et Kneen avaient d'ailleurs trouvé que la séparation peut être favorisée par la présence d'ions Mg en conjonction avec des ions $PO_4$.

2) *Précipitation par des sels minéraux.*

Caldwell et ses collaborateurs (2) ont étudié divers agents précipitants. Ils partaient de préparations commerciales d'amylases qu'ils extrayaient au moyen de divers solvants parmi lesquels l'eau distillée se montra aussi satisfaisante que les autres substances essayées (notamment NaCl 1,5 % et 10 %, alcool à 50 %, solutions aqueuses de papaïne). Le principe de leur méthode de séparation est le suivant : précipitation fractionnée d'extraits aqueux de produits commerciaux par $(NH_4)_2SO_4$, concentration des solutions dialysées, mesure de l'activité amylolytique et répétition des fractionnements et dialyses jusqu'à activité constante. Ils emploient du sulfate ammonique solide, effectuent la dialyse en sacs de nitrocellulose et la concentration par suspension de ces sacs dans le courant d'un ventilateur électrique. Le nombre de fractionnements dépend du matériel de départ, mais en général, 3 ou 4 suffisent. L'absence de dialyse donne des produits moins actifs de moitié. A l'opposé de ce qui se passe pour les amylases d'orge et de malt, un refractionnement par l'alcool éthylique des solutions diastasiques obtenues par le sulfate ammonique n'augmente pas leur activité. Les autres agents précipitants : sulfates sodique ou magnésique, sous-acétate de plomb se montrèrent moins satisfaisants que le sulfate ammonique.

A partir de solutions aqueuses de takadiastase, Tokunayo (35) précipite l'amylase par saturation à 0,5-0,66 par le sulfate ammonique, saturation par $MgSO_4$ ou NaCl et dialyse.

Selon Raghavendra Rao (20), à pleine saturation, le sulfate ammonique permet l'obtention de 89 % de l'enzyme, mais ce sulfate serait difficilement éliminable.

Hoyashi (42) ajoute de l'acétate de zinc à la solution impure de takadiastase ; un précipité brut apparaît, mais l'activité dias-

tasique reste dans la liqueur-mère d'où l'auteur l'extrait par précipitation à l'acétate d'uranyle. Le précipité obtenu est dissous dans une solution de phosphate ; une solution incolore de takadiastase s'obtient par adsorption des pigments de la solution au moyen de terre à blanchir.

Wallerstein et d'autres (38) ont utilisé pour la précipitation des amylases du malt et d'*Asp. oryzae*, de « l'alcali-cook-lignin » et ce à des pH de 4,5 et 3,6 respectivement. Les précipités sont remis en suspension sous forme active, à pH 6,5 au moins.

3) *Purification par les adsorbants.*

Raghavendra Rao et ses collaborateurs (20) ont trouvé comme meilleur adsorbant, $Al(OH)_3$ qui permet de récupérer dans l'éluat 96,2 % de l'amylase tandis que la pureté augmente d'environ 2,5 fois. Mais, selon Caldwell, l'adsorption de l'amylase par un gel d'alumine ne constitue pas une méthode efficace pour la purification de la takadiastase, que cette adsorption soit utilisée seule ou en combinaison avec un procédé de fractionnement au sulfate ammonique, à l'alcool éthylique ou au sous-acétate de plomb.

## IV. Caractère antigénique de l'amylase fongique.

O. Westphal (40) écrivait, dans « Handbuch der Enzymologie », que l'on peut, par injection d'amylase à un animal, provoquer la formation d'un anticorps spécifique.

Katsumoto (13) trouva que l'antisérum obtenu par injection de solution de takadiastase purifiée à un lapin, montre une faible réaction de précipitation, lorsqu'on l'ajoute à une solution de takadiastase. Mais le pouvoir amylolytique n'est pas affecté. L'auteur en conclut que la takadiastase ne peut pas être considérée comme provoquant la formation de l'anticorps.

Tokunayo, de son côté (35), remarque que le sérum de lapins immunisés montre une réaction de précipitation marquée avec la takadiastase, en même temps qu'il y a perte de l'activité diastasique. Si la solution de takadiastase a été bouillie avant son injection aux lapins, la réaction de précipitation persiste, mais dans ce cas, il n'y a pas perte de l'activité amylolytique. Disons donc que la question ne saurait être tranchée, car dans les extraits fongiques purifiés, il existe toujours une certaine quantité de protéines qui interfèrent avec une éventuelle formation d'antiamylase. On ne pourra résoudre ce problème que lorsqu'on pourra disposer d'une amylase fongique suffisamment pure. Signalons ici que de l'alpha-amylase d'*Asp. oryzae* a été cristallisée (43).

Mentionnons en passant, la constatation de KATSUMOTO : les lapins qui ont reçu plusieurs injections de takadiastase, montrent des réactions dermiques et parfois meurent sous le choc.

## V. INFLUENCE DE DIVERS FACTEURS.

### 1) *pH.*

Selon GUAGNINI et JACOVKIS (10), à des pH de 5 à 7, l'amylase est stable pour des températures inférieures à 58° ; à pH 3, elle est inactivée en une heure à 52°. Son maximum d'activité se situe entre pH 5,3 et pH 6,4, en présence d'un tampon acétate.

SHERMAN *et al.* (28) ont déterminé les pH minima, optima et maxima d'activité de différentes amylases :

| Amylases | pH | | |
|---|---|---|---|
| | min. | opt. | max. |
| *Asp. oryzae* | 2,6 | 4,8 | 8 |
| Pancréatique | 4 | 7 | 10 |
| Malt | 2,5 | 4,4-4,5 | 9 |

Ils ajoutent que les électrolytes sont peu actifs sur l'amylase d'*Asp. oryzae* qui, au point de vue pH, ressemble à l'amylase du malt.

Pour NISHIKAWA (19), la réaction optimum pour l'amylase va de pH 6,2 à pH 7,2.

RAU et SREENIVASAN (23) ont établi que les activités diastasiques du malt et de l'amylase fongique sont affectées de manière différente de part et d'autre du pH optimum de 4,8 : le malt est instantanément et irréversiblement inactivé, l'amylase fongique, de son côté, est inactivée plus lentement et de manière réversible à pH 1,8.

TSUCHYIA et d'autres (36) ont étudié l'influence du pH sur l'amylase d'*Asp. niger* (souche N. R. R. L. 337). L'alpha-amylase est stable entre les pH 4,75 et 7,25. L'inactivation commence à pH 4,2. Puisque l'amylase est stable entre ces limites, disent les auteurs, on pourrait penser qu'elle n'est pas produite en culture à pH bas. Mais il est possible aussi qu'elle soit produite puis inactivée par l'acidité du milieu. Ils ont constaté que le rendement en alpha-amylase diminue quand le pH initial du milieu de culture est inférieur à 4,5 ou supérieur à 5,7. Puisque l'enzyme est stable jusqu'à pH 7,25, ce résultat indique que la *production* d'amylase est freinée à pH supérieur à 5,7.

2) *Acides aminés.*

D'après Sherman et Walker (29), l'acide aspartique neutralisé et l'asparagine activent l'action de la ptyaline, de l'amylase pancréatique, de l'amylase du malt purifiée mais montrent un effet moins net sur l'extrait de malt et sur l'amylase d'*Asp. oryzae.* Dans un travail ultérieur, ils trouvent que le glycocolle, l'alanine, la phényl-alanine et la tyrosine ont des effets analogues. Les auteurs font remarquer que ces acides aminés protègent l'enzyme contre l'action destructrice du $CuSO_4$ et peuvent même restituer son activité à une préparation diastasique partiellement inactivée par ce sel.

3) *Sels divers.*

De faibles quantités de $CaCl_2$ et $CaSO_4$ favorisent sensiblement l'action de l'enzyme liquéfiant d'*Asp. oryzae.* Cette action favorisante se marque à 25°, aussi bien qu'à 50° et même dans les cas où l'action saccharifiante de la diastase est retardée (Kita, 14).

Selon Nishikawa (19), la présence de NaCl ou de KCl rend plus rapide l'inactivation de la takadiastase par chauffage à 65°. Les sels de chaux exercent une action nettement protectrice sur l'amylase, tandis que les sels de Ba et de Mg sont nuisibles à ce point de vue.

L'amylase peut être inactivée par $HgCl_2$ et réactivée par addition de cyanure sodique.

Tsuchyia (36) note que $CaCO_3$, à concentration 0,05M, ne diminue pas le rendement en alpha-amylase d'*Asp. niger,* mais l'inhibe fortement si on l'emploie à concentration 0,1M. $CaCl_2$ a peu d'influence, ce qui indique que l'ion Ca n'est pas en cause.

D'après Sherman (30), HCHO affecte d'une manière très sensible l'activité de toutes les amylases y compris la takadiastase ; dans tous les cas, la perte d'activité augmente avec la concentration en HCHO. Mais d'autre part, nous conservons nos extraits de malt et d'*Asp. oryzae,* à la glacière en présence de 1 cc de HCHO pour 500 cc d'extrait, et cela, pendant plusieurs semaines, sans remarquer de perte du pouvoir amylolytique.

Sherman observe aussi que la takadiastase se montre très sensible à l'action du $CuSO_4$. Pour lui, le fait que diverses préparations amylolytiques se montrent plus sensibles vis-à-vis du sulfate de cuivre et de la formaldéhyde que vis-à-vis du toluène fournit une indication intéressante en ce qui concerne la nature albuminoïdique de cette diastase.

## VI. Détermination du pouvoir amylolytique.

Plusieurs méthodes ont été proposées. Elles se basent sur diverses propriétés du complexe enzymatique en cause : liquéfaction, dextrinisation, saccharification et fermentation des sucres produits. L'utilisateur des amylases, selon le but à atteindre — désencollage des textiles, production de dextrines, production d'alcool — pourra, ou devra, s'adresser à l'une ou l'autre méthode, à l'exclusion des autres.

Sherwood (31) utilise une méthode d'analyse en plaques de Pétri où il coule des milieux à 0,3 % et 0,6 % d'amidon avec 1 % d'agar-agar bien homogène. De minces disques de papier, imprégnés de solution amylolytique sont placés sur le milieu. On mesure le diamètre des zones incolores, après coulage sur le milieu d'une solution d'IKI.

Cette méthode ne convient guère que pour la recherche de l'alpha-amylase. La bêta-amylase, en effet, produit d'appréciables quantités de sucres réducteurs sans que le substrat perde sa réaction colorée avec l'iode.

Rona et Van Eweyck (25) préconisent une méthode basée sur l'action de l'amylase sur du glycogène très pur. Ils déterminent la quantité de polysaccharides qui disparaît sous l'influence de l'action enzymatique, au moyen d'un néphélomètre de Kleinmann.

Waksman (37), en 1920, proposait une méthode basée sur la liquéfaction. De l'amidon de pommes de terre, en empois à 2 %, est additionné de quantités croissantes de diastase et on note le temps nécessaire à la liquéfaction, à température constante (40°). L'auteur choisissait comme unité la quantité d'enzyme qui liquéfie 10 cc d'empois à 2 % en 30 minutes à 40°. La formule générale de calcul est :

$$F_{40^\circ}^{30 \text{ min.}} = \frac{D \cdot t}{E \cdot T}$$

dans laquelle : F = pouvoir diastasique,
D = dilution,
t = temps à la base de l'unité (30 minutes),
E = quantité de solution diluée de diastase utilisée,
T = durée de la liquéfaction.

Sandstedt, Kneen et Blish (27) ont standardisé le procédé de Wohlgemuth pour la détermination de l'activité de l'alpha-amylase. Ces auteurs notent le temps nécessaire pour que les échantillons à l'analyse atteignent une coloration standard rouge-brun, bien déterminée par mélange de dextrine Merck avec une

solution d'iode. Les auteurs entendent par unité d'alpha-amylase : le nombre de grammes d'amidon soluble qui, sous l'influence d'un excès de bêta-amylase, sont destrinisés par 1 gr. de malt en une heure à 30°C. Selon REESE, cette méthode convient pour l'alpha-amylase fongique.

Ces méthodes ne tiennent compte que d'une partie du problème, la production de sucres réducteurs n'étant pas prise en considération. La méthode de WAKSMAN suffira aux industriels qui ne désirent utiliser que les propriétés liquéfiantes de l'amylase. Celle de SANDSTEDT, KNEEN et BLISH convient très bien aux fabricants de dextrines.

Mais si l'utilisateur d'amylase a en vue la production d'alcool éthylique (ou de tout autre produit chimique obtenu par transformations de sucres), la seule méthode qui lui permettra de sélectionner les souches fongiques intéressantes consiste à réaliser un double essai : saccharification et fermentation. C'est la méthode qu'ont utilisée dans toutes leurs recherches les auteurs étudiant l'application industrielle des amylases fongiques : HAO, UNDERKOFLER, ERB, etc...

Plusieurs auteurs ont constaté que des préparations fongiques à valeurs d'alpha-amylase relativement faibles donnaient plus d'alcool que des préparations à valeurs d'alpha-amylase plus élevées, ce qui est dû à la présence dans ces préparations de quantités variables de bêta-amylase qui produit beaucoup de sucres réducteurs, tout en ne faisant perdre que très lentement à l'amidon sa réaction de coloration avec l'iode. D'autres auteurs encore remarquent que des préparations donnant, après saccharification, un pouvoir réducteur plus faible, fournissent en fin de compte, un rendement en alcool plus élevé que des préparations donnant un pouvoir réducteur plus fort, celui-ci étant alors imputable pour une plus grande part aux dextrines réductrices.

REESE, FULMER et UNDERKOFLER (24) ont publié une méthode d'analyse standardisée. Ils emploient 100 gr. d'amidon de maïs, 5 gr. d'extrait de levure Difco et 250 cc d'HCl 0,05N à environ 70°. Les moûts sont chauffés à 85°, puis passent à l'autoclave où on les cuit d'abord sous pression, puis à pression atmosphérique. Après ajustement du pH à 5-5,3 ($Na_2CO_3$), on ajoute une suspension, dans 250 cc d'eau froide, de la quantité désirée de son fongique. Après saccharification à 55° et refroidissement à 30°, on ajoute aux moûts 20 cc d'une culture active de levure dans un milieu à 20 % d'extrait de malt et on laisse à l'incubation pendant 24 heures. Le volume final est mesuré et une partie aliquote de 250 cc de moût est distillée ; la densité du distillat est mesurée à la balance de WESTPHAL et une table donne la teneur en alcool correspondante.

Pour la fermentation des grains, les auteurs emploient 100 gr. de maïs jaune moulu et HCl 0,02N, le pH final étant ainsi de 5 à 5,3 (l'ajustement n'est plus nécessaire) ; la période de fermentation est de 72 heures.

Reese et ses collaborateurs ont remarqué que le poids de son fongique nécessaire pour produire une unité d'alcool augmente d'une manière linéaire avec le poids de son fongique utilisé. Ils notent encore qu'il n'y a pas de corrélation entre les valeurs d'alpha-amylase (Sandstedt, Kneen et Blish) et la quantité minimum de son fongique nécessaire pour la saccharification, ce qui confirme ce que nous disions plus haut à ce sujet.

La méthode de Reese est la seule qui soit en place dans les études d'application des amylases fongiques dans les industries de fermentation alcoolique. Son seul inconvénient est d'être assez longue.

## VII. Comparaison de caractères de l'amylase du malt et des amylases fongiques.

Corman et Langlykke (3) ont effectué une très intéressante recherche sur l'action des enzymes fongiques dans la saccharification. Leur travail les amène aux conclusions suivantes : Quoique l'alpha-amylase fongique soit semblable en action à l'alpha-amylase du malt, il y a une différence entre la bêta-amylase du malt qui donne du maltose, et ce qu'ils appellent le « *système glucogénique* » des moisissures qui donne du glucose. Dans les préparations fongiques, l'alpha-amylase provoque la liquéfaction de l'amidon et la rupture de la molécule d'amidon en donnant des dextrines et, éventuellement, une quantité limitée de maltose. Le système glucogénique, lui, paraît être très actif sur le maltose et même sur des polymères plus complexes du glucose (une souche de *Rhizopus*, contenant seulement une trace d'alpha-amylase, se montra capable d'effectuer une dégradation appréciable de l'amidon en glucose). Les auteurs disent encore : Apparemment, l'alpha-amylase fongique et le système glucogénique se complètent pour la production de sucres fermentescibles ; d'autre part, les faibles valeurs Lintner des préparations fongiques indiquent l'absence de quantités appréciables de bêta-amylase.

Caldwell *et al.* (2) trouvent que l'inactivation partielle des solutions aqueuses très actives de takadiastase, à 60-70°, ou pH 3 ou pH 9 ne provoque aucun changement significatif dans la proportion des activités amyloclastiques et saccharogéniques. Selon les auteurs, ces résultats laissent penser qu'il n'y a qu'une amylase présente, ils ne donnent pas d'indication de présence

de deux amylases de labilités très différentes, comme les alpha- et bêta-amylase du malt.

Rappelons d'autre part (4), que Léopold et Starbanow, par des essais de diffusion sélective et de mutarotation du maltose arrivaient à la conclusion que *Rh. japonicus* contient les alpha- et bêta-amylases et est, disent-ils, après *Asp. oryzae*, la seconde moisissure réputée contenir les deux amylases.

Dans l'ouvrage de Tauber (34), nous relevons la liste des enzymes élaborés par deux moisissures : *Asp. niger* et *Asp. oryzae*. L'équipement enzymatique de ce dernier comprend notamment : alpha-amylase, bêta-amylase, maltase, pentosanase, cellulase, des phosphatases, des protéases, etc... Pour *Asp. niger*, nous notons : alpha-amylase, bêta-amylase, maltase, cellulase, etc...

Au cours de nos essais, nous avons rencontré une souche de *Asp. niger* qui, en saccharification, se comporte comme si elle ne contenait que la bêta-amylase : en effet, elle produit beaucoup de sucres réducteurs tout en ne liquéfiant presque pas l'empois d'amidon.

Divers auteurs, outre Corman et Langlykke déjà cités, signalent des ressemblances entre les alpha-amylase du malt et des moisissures.

Rappelons tout d'abord que Sherman et ses collaborateurs ont trouvé que les pH minimum, optimum et maximum des deux amylases sont très voisins. En outre vis-à-vis de l'acide aspartique neutralisé et de l'asparagine, l'extrait de malt et l'amylase d'*Asp. oryzae* ont des comportements analogues.

Koga (16), de son côté, observa que les amylases d'*Asp. oryzae* et d'*Amylomyces delemar* ne sont activées ni par le sérum ni par les extraits d'organes animaux, en quoi, encore une fois, elles se comportent comme l'amylase du malt et se différencient des amylases animales.

Fisher et de Montmollin après obtention d'alpha-amylase cristallisée à partir de *Asp. oryzae* (43), en ont déterminé quelques caractéristiques que nous reproduisons ci-dessous :

| Propriétés | alpha-amylase cristallisée de | | |
|---|---|---|---|
| | malt | *A. oryzae* | *B. subtilis* |
| mgr. maltose/mgr. N | 2.350 | 2.400 | 3.600 |
| pH optimum | 4,7-5,4 | 5-7 | 5,3-6,8 |
| solubilité, % | + de 15 | + de 10 | ± 6 |
| énergie d'activation (cal./mol.) | 7.050 | 10.500 | 13.500 |
| activation par Ca | + | — | — |
| activation par Cl | — | — | + |

Pour divers auteurs, d'autres enzymes que les amylases typiques interviendraient plus ou moins directement dans la saccharification de l'amidon.

Klimovskii et Rodzevich (15) pensent que la conception selon laquelle les différences d'activité amylolytique des diverses préparations sont dues à des différences dans les proportions d'alpha- et de bêta-amylase, n'est vraie que pour les premiers stades de l'hydrolyse de l'amidon. L'amidon contient du phosphore que l'on retrouve dans des dextrines *(phosphodextrines)* précipitables par l'alcool à 70 % en volume et qui sont à peine attaquées par un mélange d'alpha- et de bêta-amylase ; l'enzyme qui les hydrolyse est une phosphatase. Or, les deux auteurs ont trouvé que les cultures d'*Asp. niger* et d'*Asp. oryzae* contiennent beaucoup plus de phosphatase que le malt.

Le Corvaisier (17) arrive à des résultats semblables. Il commence l'hydrolyse de l'amidon par l'acide ; après neutralisation, il fait agir diverses préparations enzymatiques. Il note que la présence de phosphatase augmente sensiblement la production de sucres réducteurs. Le Corvaisier obtenait entre autre :

| | |
|---|---|
| avec la phosphatase de rein de porc | 3 gr. de maltose |
| avec l'amylase pancréatique | 2,7 gr. |
| avec amylase + phosphatase | 3,2 gr. |

Nos propres recherches nous conduisent aux mêmes conclusions. L'inactivation de la phosphatase diminue nettement le rendement en réducteurs, tandis que l'apport de phosphatase de rein de porc augmente le rendement fourni par le malt, jusqu'à lui faire atteindre la valeur du rendement des extraits fongiques.

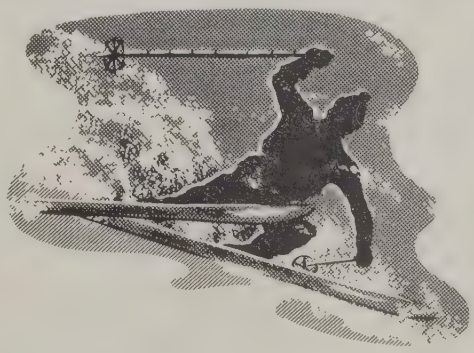
Que penser de tout cela ? Des conclusions définitives sont difficiles à dégager de tous ces travaux. Les auteurs emploient pour leurs recherches des races chimiques différentes, voire même des espèces différentes de moisissures ; les essais ne se font pas toujours dans les mêmes conditions de pH ou de température. Ceci explique, croyons-nous, une part des discordances dans les résultats obtenus. Quoi qu'il en soit, nous pensons qu'il faut rechercher les raisons des différences de rendements en réducteurs dans le fait que les diverses préparations amylolytiques contiennent des proportions différentes de alpha- et bêta-amylase et que leur équipement enzymatique supplémentaire est très différent d'une préparation donnée à une autre.

Disons pour terminer que l'obtention d'alpha-amylase cristallisée d'*Asp. oryzae* (43) sera peut-être le point de départ d'une série d'études plus approfondies qui pourraient faire plus de lumière autour de ce problème.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES


1. A. N. Bindal et M. Sreenivasaya. C. A., 40, 5779[4], 1946.
2. M. L. Caldwell, R. M. Chester, A. M. Doebbeling et G. W. Volz. J. Biol. Chem., 161, 361, 1945.
3. J. Corman et A. F. Langlykke. Cereal Chem., 25, 3, 190, 1948.
4. F. Delecour. Ann. de Gembl., 1950, nº 3, 113.
5. D. Franceschelli. Zentr. für Bakt., 43, 305, 1915.
6. G. L. Funke. Rec. Trav. Bot. Neerl., XXIII, 1-2, 200, 1926.
7. G. L. Funke. *Ibid.*, XXIV, 1-3, 583, 1927.
8. R. L. Gates et E. Kneen. Cereal Chem., 25, 1, 1, 1948.
9. J. J. Goodman. Science, 112, 2902, 176, 1950.
10. O. Guagnini et D. Jacovkis. C. A., 42, 6881i, 1948.
11. T. Harada. C. A., 44, 1559h, 1950.
12. S. Inagaki. C. A., 44, 2600h, 1950.
13. K. Katsumoto. C. A., 41, 3140 g, 1947.
14. G. Kita. Bull. Inst. Past., XVIII, 22, 744, 1920.
15. D. N. Klimovskii et V. I. Rodzevich. C. A., 43, 5061 d, 1949.
16. T. Koga. Bull. Inst. Past., XXII, 17, 714, 1924.
17. H. Lé Corvaisier. Bull. Soc. Chim. Biol., 32, 5-6, 333, 1950.
18. E. H. Le Mense, V. E. Sohns, J. Corman, R. H. Blom, J. M. van Lanen, et A. F. Langlykke. Ind. Eng. Chem., 41, 1, 100, 1949.
19. R. Nishikawa. Bull. Inst. Past., XXVI, 7, 301, 1928.
20. M. R. Raghavendra Rao, A. N. Bindal et M. Sreenivasaya. C. A., 42, 3130 c, 1948.
21. M. R. Raghavendra Rao et M. Sreenivasaya. C. A., 41, 1278 b, 1947.
22. M. R. Raghavendra Rao et M. Sreenivasaya. C. A., 42, 3130 c, 1947.
23. R. S. J. Rau et A. Sreenivasan. C. A., 43, 8414 e, 1949.
24. H. D. Reese, E. I. Fulmer et L. A. Underkofler. Anal. Chem., 20, 4, 348, 1948.
25. P. Rona et C. Van Eweyck. Bull. Inst. Past., XXII, 17, 715, 1924.
26. R. K. Saksena et S. K. Bose. C. A., 42, 4206 h, 1948.
27. R. M. Sandstedt, E. Kneen et M. J. Blish. Cereal Chem., 16, 6, 712, 1939.
28. H. C. Sherman, A. W. Thomas et M. E. Baldwin. Bull. Inst. Past., XVIII, 22, 742, 1920.
29. H. C. Sherman et F. Walker. *Ibid.*, XVIII, 22, 743, 1920.
30. H. C. Sherman et M. Wayman. *Ibid.*, XX, 8, 345, 1922.
31. M. B. Sherwood. J. Bact., 53, 4, 505, 1947.
32. F. T. Sukhenko et I. I. Beletskii. C. A., 40, 6697 [1], 1946.
33. Y. Takeda et A. Takamatsu. C. A., 44, 6571 g, 1950.
34. H. Tauber. Chemistry and Technology of Enzymes. Pp. 401, 402. Wiley & Sons, Inc., New-York, 1949.

35. K. Tokunayo, J. Biochem., (Japan), 35, 281, 1942.
36. H. M. Tsuchyia, J. Corman et H. J. Koepsell. Cereal Chem., 27, 4, 322, 1950.
37. S. A. Waksman. Bull. Inst. Past., XVIII, 22, 741, 1920.
38. J. S. Wallerstein, R. T. Hale et M. G. Hale. C. A., 40, 1891 [5]. 1946.
39. F. A. F. C. Went. Bull. Inst. Past., XVIII, 22, 745, 1920.
40. O. Westphal, dans F. F. Nord et R. Weidenhagen. Handbuch der Enzymologie, II, 1135. Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig, 1940.
41. S. Yoshimura. C. A., 42, 2685 d, 1948.
42. S. Hoyashi. C. A., 41, 3140 f, 1947.
43. E. H. Fisher et R. de Montmollin. Nature, 168, 4275, 606, 1951.



**VOUS IREZ BIENTOT AUX SPORTS D'HIVER**

N'oubliez pas que par **SABENA** vous pouvez atteindre, en deux ou trois heures de vol seulement, la SUISSE, le TYROL, la BAVIÈRE, les DOLOMITES, les ALPES MARITIMES et la HAUTE-SAVOIE. A l'aérodrome de Genève, un service régulier de cars privés assure la liaison avec les principales stations de la Haute-Savoie.

Renseignez-vous dès maintenant auprès de votre Agence de Voyages.

# Documentation

## La prévention des accidents dans les travaux de battage

Chaque mois l'agriculture déclare plus de cent accidents à l'Inspection du Travail. Il est évident qu'il ne s'agit que d'une fraction des accidents qui surviennent. Les travaux du sol font proportionnellement autant de victimes que beaucoup d'industries réputées dangereuses.

Il s'agit souvent d'accidents bénins, mais il est de terribles exceptions à cette règle.

Parmi les machines agricoles, les batteuses tiennent la tête, compte tenu de leur nombre et de leur durée de fonctionnement, pour la gravité des accidents qu'elles provoquent.

Les accidents de battage sont toujours graves, sinon très fréquents : limités parfois à la perte d'un membre, ces accidents deviennent souvent mortels à la suite d'hémorragie ou d'infection tétanique.

Les accidents proviennent le plus souvent :

— du happement par le cylindre batteur ;
— de la rupture d'une courroie ;
— du happement par une courroie ;
— d'une chute du haut de la plateforme de travail ou d'une échelle d'accès ;
— de la projection de particules dans les yeux.

Enfin, depuis l'emploi intensif de l'électricité, les électrocutions deviennent de plus en plus fréquentes

### PRÉVENTION DES ACCIDENTS D'ORIGINE MÉCANIQUE

#### La batteuse.

*Sources de danger.*

1° Le batteur.
2° Les transmissions.
3° Les organes internes.
4° L'échelle de service.

*Méthodes de protection.*

1° *Le batteur.*

C'est le batteur qui, de loin, provoque les accidents les plus graves. Pour l'étude des moyens de prévention contre les accidents causés

par le tambour batteur, on doit considérer successivement les deux modes d'engrènement généralement adoptés :

*a)* l'engrènement par pont ;
*b)* l'engrènement par coffre.

*a)* Dans l'engrènement par pont, l'ouvrier alimenteur se tient debout sur un marchepied placé généralement sur le côté gauche de la batteuse, à 0 m 80 environ au-dessous du plancher supérieur, et de telle sorte que le batteur se trouve placé à sa droite.

Ce dernier est toujours protégé par un caisson dit capote à engrener. Cette capote comporte dans toute sa longueur, c'est-à-dire dans le sens de la largeur de la batteuse, une ouverture rectangulaire de 150 mm environ de hauteur, dont la base affleure le dessus du plancher et par laquelle les tiges des céréales sont introduites.

Ce genre d'engrènement présente généralement une assez grande sécurité.

Si l'on considère le sens de rotation du batteur dans le sens des aiguilles d'une montre, on conçoit aisément que la capote à engrener protège d'une façon très efficace l'ouvrier alimenteur ou le coupeur de liens qui se tient debout sur le dessus de la batteuse, contre les grains ou autres objets projetés par le batteur.

Sans doute pourrait-il arriver que l'engreneur étende la main d'une façon inconsidérée vers le batteur, ou bien que le coupeur de liens, par suite d'un faux mouvement, vienne à glisser à proximité du batteur avec risque de se faire happer par ce dernier, ou bien encore que la capote à engrener, pour une raison quelconque, soit soulevée en marche et mette le batteur à découvert ; malgré ces cas tout à fait exceptionnels, les risques d'accidents sont minimes dans ce genre d'engrènement.

*b)* Dans l'engrènement par coffre, il n'en est pas de même, car le batteur tourne à découvert et l'ouvrier alimenteur travaille directement au-dessus.

Le danger existe également pour tous les ouvriers qui se tiennent debout sur le dessus de la batteuse et à proximité du batteur.

Le moindre faux mouvement peut provoquer une chute souvent mortelle vers cet organe très lourd, tournant à plus de 1.000 tours par minute.

On doit tenir compte également des projections de grains par le batteur, ainsi que celles d'autres objets tels que boulons, écrous, clés, etc..., tombés dans le batteur par négligence, et qui risquent de blesser gravement les ouvriers travaillant à proximité.

En raison de la fréquence de semblables accidents, les constructeurs se sont attachés à créer des dispositifs de protection.

Il existe plusieurs dispositifs efficaces et leurs emploi s'est généralisé.

Mais, à notre avis, la question de la protection des ouvriers chargés de l'engrènement dans les batteuses sera résolue d'une façon presque absolue lorsque les batteuses seront munies d'un engreneur automatique.

A son apparition, certains entrepreneurs de battages se sont montrés réfractaires à l'emploi de cet appareil, mais depuis quelques années, on voit son usage se développer.

*Description et fonctionnement d'un engreneur automatique.*

Les gerbes déliées sont posées sur la table à engrener et poussées à la main dans la trémie de l'engreneur.

Des dents, disposées dans toute la largeur de la batteuse, par mouvement circulaire alternatif de haut en bas, amènent les gerbes sur la planche d'entrée du batteur d'où elles glissent entre celui-ci et le contre-batteur.

Ce dispositif, placé sur l'entrée du batteur, empêche toute projection de grains, et, par la position élevée de la table, évite les accidents causés par l'engrènement effectué directement sur la planche d'entrée.

Nous souhaitons qu'une campagne soit menée en faveur de l'adaptation obligatoire des engreneurs automatiques sur les batteuses qui fonctionnent actuellement, ces appareils étant, à notre avis, encore plus efficaces que les dispositifs de protection, parce qu'ils évitent d'une manière à peu près certaine tout risque d'accident.

2° *Les petites transmissions.*

Les poulies sont dangereuses par la saillie de leur moyeu et de leur jante (boulons, clavettes, graisseurs, etc...), par leurs bras, par leur dislocation ou leur éclatement si le montage est mal fait.

Les courroies peuvent occasionner des accidents par entraînement d'une personne ou d'un objet pesant, par serrage entre la poulie et la face de la courroie venant à son contact, par les coups de fouet qu'elles peuvent provoquer si elles viennent à se rompre, par leurs agrafes qui constituent des saillies dangereuses quand elles sont mal conçues ou mal entretenues.

La protection de ces organes est réalisée généralement par un grillage monté sur cadre en bois ou métallique (fers ronds) et les protégeant. Les panneaux pleins en bois ou en tôle, encoffrant totalement les transmissions, sont moins recommandables que les panneaux grillagés car ils contribuent à l'accumulation de poussières.

Les panneaux grillagés doivent être montés sur des charnières et d'un démontage très commode, permettant ainsi, pendant l'arrêt de la machine, d'effectuer la visite, le graissage, le nettoyage, le réglage des organes de la batteuse, placés derrière eux.

La jonction de la courroie sera faite de telle manière que les agrafes ne dépassent rigoureusement pas. Le procédé de jonction des courroies, qui consiste à placer les agrafes à cheval sur les deux extrémités de la courroie formant saillie, n'est pas recommandable.

Il est préférable d'employer un procédé de jonction tel que les deux extrémités de la courroie soient placées bout à bout, ainsi les courroies ne comportent plus de saillies susceptibles de provoquer un accident par accrochage.

On veillera au bon état de conservation de la courroie pour éviter la rupture intempestive. Toute courroie détériorée doit être réparée ou mise hors service.

Les engrenages sont dangereux au point où leurs dents s'engrènent dans les autres. Ils seront protégés par des carters en tôle.

A l'usage, ces dispositifs se sont montrés très efficaces, nous les recommandons vivement.

### 3° *Les organes internes.*

En raison du petit nombre et du peu d'importance des accidents occasionnés par les autres organes, les moyens de prévention à réaliser ne présentent pas le même caractère d'urgence.

Pour la visite des organes placés à l'intérieur de la batteuse et animés, soit d'un mouvement rectiligne alternatif de faible amplitude, soit d'un mouvement circulaire, il y aurait lieu toutefois de préconiser l'installation de portes avec verrouillage aux différents endroits de la batteuse où une visite s'impose assez fréquemment même en cours de travail, de façon que le spécialiste chargé de veiller à la bonne marche et au réglage de la batteuse puisse seul en avoir l'accès.

### 4° *L'échelle de service.*

L'échelle de service, pour l'accès au plancher supérieur, doit être pourvue de crochets capables d'agripper sûrement le bord de la batteuse en assurant son bon équilibre ; en outre, le montant droit de l'échelle sera prolongé de 75 cm au moins au-dessus du bord de la batteuse, de manière à faciliter l'accès sur le plancher et surtout la descente.

### 5° *Calage des machines.*

Les machines doivent être pourvues :

— de cales en bois pour en assurer la position fixe et horizontale pendant le travail ;
— de pattes de fer et de chaînes pour la descente le long d'une forte pente ;
— de freins à sabot.

## Les appareils accessoires.

### 1° *La botteleuse et le lieur de paille.*

*Sources de danger.*

Les principales causes d'accidents proviennent :

— des roues dentées ;
— des chaînes ;
— des leviers de manœuvre ;

— des rabatteurs ;
— des reteneurs ;
— des aiguilles.

*Méthode de protection.*

Les organes latéraux : roues dentées, chaînes, levier de manœuvre, doivent être protégés par des cadres de bois ou de fer rond grillagés ou des carters de tôle.

Les organes tels que les rabatteurs, les reteneurs, les aiguilles seront protégés par un capot soit grillagé, soit en tôle en forme de demi-cylindre fermé aux deux extrémités. Ce capot sera articulé et d'un démontage facile pour permettre la visite et la réparation des organes, *pendant l'arrêt du travail.*

La chaîne de commande de lieur ainsi que la roue dentée qu'elle actionne seront protégées, à la manière d'une chaîne de bicyclette, par un carter en tôle.

### 2° *La presse à paille.*

*Sources de danger.*

Les principales causes d'accidents proviennent :

— du volant de commande de la machine principalement ;
— des mécanismes ;
— des engrenages ;
— des bielles de commande qui peuvent former avec les longerons du chariot un point de cisaillement.

*Méthode de protection.*

Le volant de commande de la machine doit être protégé par un cadre de bois ou métallique grillagé.

Il en est de même pour les mécanismes et les bielles placés à l'extérieur.

Les engrenages doivent être protégés par des carters en tôle.

### 3° *L'élévateur de paille.*

Les accidents causés par cet appareil sont minimes et les moyens de prévention à réaliser n'ont pas un caractère d'urgence absolu. Néanmoins, pour certains monte-paille comportant des engrenages extérieurs, nous préconisons la pose de carters en tôle.

### Les courroies de commande.

Les courroies de commande sont celles qui transmettent la force motrice à la batteuse et à la presse à paille.

*a)* Dans les installations fixes, on peut obtenir une garde convenable

en fixant dans le sol des pieux, placés à 1 mètre de la courroie, espacés de 3 mètres environ, et réunis par des traverses horizontales ou des cordes ; la traverse inférieure étant à 50 cm de hauteur, la suivante à 1 mètre, la supérieure à 1 m 50.

S'il n'est pas possible d'enfoncer les pieux dans le sable, on utilisera des chevalets reliés entre eux par des traverses.

*b)* Dans les installations mobiles, la garde de la courroie pourra être constituée par une simple corde ou chaîne, tendue entre poteaux fixes ou chevalets, sur laquelle on accrochera des écriteaux avertisseurs du danger.

*c)* S'il est absolument nécessaire de passer sous la courroie de commande, cet espace sera limité à l'espace voisin de la batteuse où la courroie verra son brin inférieur isolé par un chenal solide.

*d)* Si la batteuse est commandée par un moteur électrique, directement accouplé, la poulie du moteur et la courroie de commande devront être protégées par un carter en bois ou en tôle qui retiendra la courroie en cas de rupture ou si elle saute.

*e)* La jonction de la courroie sera faite de telle manière que les agrafes ne dépassent pas sensiblement ; on veillera au bon état de conservation de la courroie pour que des ruptures intempestives ne provoquent pas sa projection.

Les moteurs.

1° *La locomobile.*

*Sources de danger.*

Les machines à vapeur peuvent occasionner des accidents :

— par défaut d'entretien de leurs organes de commande, de distribution et de régulation ;
— par leurs organes mécaniques : bielles, manivelles, tiges de piston, volants, etc... soit par la circulation autour de ces organes, soit à l'occasion de leur graissage ou de leur entretien, soit par leur rupture ;
— par les organes de transmission ;
— enfin, par différentes manœuvres.

*Méthode de protection.*

Les moyens de prévention à l'égard des accidents causés par la locomobiles sont les suivants :

*a)* Entretenir convenablement la machine. Faire visiter par un spécialiste la chaudière tous les ans, et faire l'épreuve obligatoire tous les 5 ans.

*b)* Protéger les divers organes en mouvement : capuchons métalliques lisses sur les saillies des arbres pour éviter l'accrochage des vêtements ; tôles de protection d'autres organes (manneton de la manivelle, régulateur axial, tige de piston, têtes de bielle et manivelles).

*c)* Employer des graisseurs mécaniques, pour éviter les accidents occasionnés par le graissage à la main pendant le travail.

*d)* Protéger le tube du niveau d'eau par un verre épais muni de grillage métallique.

*e)* Procéder au relevage de la cheminée par levier ou par treuil pour éviter au chauffeur de monter sur les mécanismes.

### 2° *Le tracteur.*

Tous les organes du tracteur sont généralement abrités dans un carter et sous un capot. Il ne semble donc pas qu'il y ait risque d'accident de ce côté. Pour certains tracteurs, nous préconisons toutefois l'adjonction d'un capot enveloppant la poulie motrice et protégeant surtout le dessus et la face latérale extérieure de cette poulie.

Dans les modèles à avant-train léger, il y aurait lieu de prévoir un dispositif empêchant le cabrage de la machine, l'emploi généralisé du découplage automatique et l'application de protecteurs aux roues arrière, ou tout au moins une protection latérale qui permettrait à l'ouvrier l'accès facile et la station assise sur le siège de service sans risque d'accident.

### 3° *Les moteurs à combustion interne.*

*Sources de danger.*

Les accidents occasionnés par les moteurs à combustion interne proviennent des mêmes dangers que présentent les divers organes mécaniques de la locomobile. Il s'y ajoute des sources de danger particulières à leur installation, leur mise en route et leur échappement.

*Méthode de protection.*

Les méthodes de protection préconisées pour la locomobile sont applicables aux moteurs à combustion interne en ce qui concerne les volants, clavettes, graisseurs, etc...

On s'assurera que la manivelle de mise en route fait bien roue libre lors du démarrage.

### 4° *Les moteurs électriques.*

Étant donné le développement considérable, depuis quelques années, de l'emploi de l'électricité dans les travaux de battage, nous consacrerons ultérieurement une étude spéciale à ce sujet.

## RÈGLES DE SERVICE ET CONSIGNES DE SÉCURITÉ

Signaler d'une façon claire et distincte (sifflet ou cloche), le commencement du travail et chaque remise en marche ;

Défense d'enlever, pour quelque motif que ce soit, les dispositifs de protection pendant la marche de la machine ;

Défense de déposer des vêtements ou des objets sur des parties de machines, sur des capots, ou organes de protection des organes en mouvement ;

Éviter d'encombrer les planchers et le sol autour des machines ; éviter soigneusement tout ce qui peut les rendre glissants ;

Éviter d'employer des enfants sur la plateforme de la batteuse ;

Interdire l'accès du chantier de battage à toute personne étrangère au travail, et notamment aux jeunes enfants ;

Imposer le port de lunettes de protection aux ouvriers préposés au transport de la menue paille ainsi qu'aux ouvriers alimenteurs ;

Les ouvriers ne porteront pas de vêtements flottants ;

Éviter de distribuer pendant le travail des boissons alcoolisées, les remplacer par des boissons hygiéniques ;

Écarter absolument du chantier de battage, les hommes en état d'ivresse ;

Interdiction formelle de fumer.

Association Nationale pour la Prévention
des Accidents du Travail.

# Les antibiotiques stimulent la croissance des plantes

Une nouvelle découverte vient d'être annoncée au cours de la réunion annuelle de l'Institut Américain des Sciences Biologiques, à l'Université Cornell (New-York). Cette découverte pourrait avoir un effet très marqué sur l'agriculture, dans le monde entier et en particulier dans les vastes régions de la planète où la croissance des produits de la terre est limitée à une courte période.

On a en effet trouvé que des quantités infinitésimales de certains antibiotiques, en particulier la terramycine, ont un effet stimulant évident sur la croissance des plantes. Cette découverte, qui ouvre un domaine nouveau et à peine exploré, a été annoncée dans une conférence par le Docteur Louis G. Nickell, chef du laboratoire de phytochimie de Charles Pfizer et Cie, de Brooklyn (New-York), la société pharmaceutique dont l'équipe de recherche a découvert la terramycine.

L'étude du Dr. Nickell a pour titre : « La stimulation de la croissance des plantes par les antibiotiques » ; elle est le résultat d'expériences dirigées par ce savant depuis 1948 et vient de paraître dans « Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine » (Tome 80, N° 4).

On savait déjà depuis quelques années que des quantités minimes d'antibiotiques, tels que la pénicilline et la terramycine, stimulent la croissance des volailles, des porcs et d'autres animaux : on peut ainsi gagner plusieurs semaines pour les conduire au marché, avec une con-

sommation moindre de nourriture. Des compléments alimentaires contenant des antibiotiques ont été largement employés ces dernières années, en particulier aux États-Unis. Toutefois on ne savait à peu près rien de l'effet de ces antibiotiques sur la croissance des plantes avant que le Dr. Nickell eut annoncé les résultats de ses travaux.

Les expériences de ce savant ont porté spécialement sur une variété de maïs, l'un des aliments essentiels de l'humanité. Utilisant deux châssis de serre, le Dr Nickell planta dans chacun 49 graines. Pendant quatre jours, l'un de ces châssis fut arrosé une fois par jour, à raison d'un litre d'eau du robinet contenant cinq fractions de terramycine par million de fractions d'eau ; ensuite on arrosa selon les besoins. Les graines du deuxième châssis reçurent la même quantité d'eau, mais sans addition d'antibiotique. Les autres conditions de croissance étaient identiques.

Au bout de quatre semaines le maïs fut retiré du sol, pesé et mesuré. La hauteur moyenne du maïs traité à la terramycine atteignait 44,32 cm au lieu de 35, 56 cm pour le maïs non traité. Le plus grand des plants traités mesurait 60, 96 cm et le plus grand non traité 49,53 cm. Les plus petits plants traités et non traités mesuraient respectivement 24,77 cm et 15,24 cm.

Le Dr. Nickell trouva que le poids du maïs mouillé poussé dans le châssis traité à la terramycine était de 45 grammes, tandis que celui du maïs non traité était de 25 gr. Ensuite les plants des deux groupes furent séchés séparément à 105° C., puis pesés à nouveau. Le groupe traité pesait, séché, 5,1 gr, et l'autre groupe 2,4 gr. Par conséquent, remarque le Dr. Nickell, les augmentations de poids correspondent à un effet réel sur la croissance et non à une plus grande absorption d'eau.

Il découvrit en outre que, sur les 49 graines plantées dans le châssis traité à la terramycine, 20 avaient germé et donné des pousses ; dans le châssis non traité à cet antibiotique, 12 graines seulement avaient germé.

Des expériences effectuées sur de l'oseille donnèrent des résultats similaires et montrèrent également que si l'arrosage avec terramycine est arrêté complètement après la première phase, la croissance des plantes continue à en profiter néanmoins. Aussi, le Dr. Nickell a trouvé que, 46 jours après l'arrêt du traitement, l'oseille provenant du châssis traité à la terramycine au début de l'expérience était en moyenne de 9,68 cm plus grande que l'oseille du même âge provenant du châssis non traité, et portait davantage de feuilles.

On signale également l'accélération de croissance des pensées dans des conditions semblables.

Des expériences ont été effectuées aussi sur des graines de radis. On utilisa la pénicilline sous deux de ses formes les plus stables : la procaïne et la diamine, en mélangeant l'antibiotique au sol à raison de 10 unités de pénicilline par gramme de sol. Les résultats montrèrent que la hauteur moyenne des plantes provenant du sol ainsi traité variait d'environ le double à près du triple de la hauteur des radis plantés dans le châssis non traité.

Outre ces résultats, les expériences du Dr. Nickell projettent également une lumière nouvelle sur le processus de stimulation de la croissance chez les animaux grâce aux antibiotiques. Les savants ignorent encore la raison pour laquelle les antibiotiques agissent ainsi sur cette croissance. L'une des théories les plus courantes prétend que les bactéries logées dans l'intestin de l'animal (microflore intestinale) sont modifiées par les antibiotiques d'une manière favorable à cette augmentation de croissance. Selon une autre théorie, les antibiotiques permettent en quelque sorte à l'animal d'assimiler plus facilement certains éléments nutritifs nécessaires à son développement. Ce dernier point de vue semble renforcé par les résultats des expériences du Dr. Nickell.

Medical and Pharmaceutical Information Bureau,
New-York.

# Aspects actuels de la lutte contre trois mauvaises herbes : le chiendent, le liseron et le chardon

## LE CHIENDENT

La Station Expérimentale de Rothamsted a entrepris des essais sur la destruction du chiendent *(Agropyron repens)* par le chlorate de soude. Appliqué à la dose d'environ 170 kg à l'hectare, sur une terre labourée à l'automne, le chlorate a donné d'excellents résultats.

L'isopropylphényl carbamate (I. P. C.) détruit aussi le chiendent. Comme ce dernier est plus sensible lorsque l'I. P. C. est appliqué sur les racines, il est préconisé de couper les parties aériennes de la mauvaise herbe avant d'épandre le produit sur le sol. Il semble qu'une terre humide entrave l'action de l'I. P. C.

*Agropyron repens* serait aussi détruit par l'application d'un nouveau fumigant américain désigné commercialement sous le nom de « prochlor ». Constitué d'un mélange de propane et de propène chlorés, il s'est montré très efficace contre plusieurs mauvaises herbes perennes à enracinement profond : *Senecio Jacobaea, Cirsium arvense*...

Nous signalons, ci-dessous, quelques travaux consacrés aux problèmes que pose l'éradication du chiendent.

Helgeson, E. A. *Control of quack grass*. North Dakota Agricultural College, Circular A-90, 3 p., November 1945.

Wolcott, A. R. and Carlson, R. F. *Preliminary report on field applications of isopropyl-phenylcarbamate in the control of quack grass in an established sod*. Quart. Bull. Mich. Agr. Expt. Sta., 30, p. 218-229, 1947.

Snyder, W. E. *Control of* Agropyron repens *with herbicides.* Proc. N. E. States Weed Control Conf., New York, p. 266-271, 1950.

## LES LISERONS

Deux espèces de liseron sont nuisibles à l'agriculture : le liseron des champs *(Convolvulus arvensis* L.*)* et le liseron des haies *(Convolvulus sepium* L.*)*.

Plusieurs moyens ont raison de ces plantes indésirables :

1. Extirpation minutieuse des rhizomes au moment des labours ;
2. Multiplication des façons culturales ;
3. Compétition et étouffement de cultures serrées à feuillage dense ;
4. Procédés chimiques.

Le chlorate de soude est efficace, mais il nuit longtemps aux végétaux se succédant sur les sols où il a été épandu. Plusieurs herbicides hormonaux, soit en poudre, soit en solution, attaquent victorieusement les *Convolvulus*. Le 2,4-D gagnant plus rapidement le sommet des tiges des liserons que les rhizomes, il importe que les applications de ce désherbant sélectif atteignent l'endroit où les tiges sortent de terre.

Quelques publications récentes ont trait à l'écologie des liserons et aux moyens propres à les détruire.

Brown, E. O. and Porter, R. H. *The variability and germination of seeds of* Convolvulus arvensis L. *and other perennial weeds.* Iowa Agric. Expt. Stat., Bull. 294, p. 475-504, 1942.

Hamner, C. L. and Tukey, H. B. *The herbicidal action of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid and 2,4,5-trichlorophenoxyacetic acid on bindweed.* Science, 100, p. 154-155, 1944.

Sherwood, L. V. *Field bindweed,* Convolvulus arvensis L., *root fragments may grow.* J. Amer. Soc. Agron., 37, p. 307-313, 1945.

Tukey, H. B., Hamner, C. L. and Imhofe, B. *Histological changes in bindweed and sow thistle following application of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid in herbicidal concentration.* Bot. Gaz., 107, p. 62-73, 1945.

Wilson, H. K., Larson, A. H. and Stahler, L. M. *Competitive crops effective in stopping field bindweed.* Minnesota Farm and Home Sci., 2, p. 3, 1945.

Bryant, L. R., Vincent, C. L. and Schafer, E. G. *Bindweed control studies with 2,4-D in a bearing non-irrigated orchard in Eastern Washington.* Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 49, p. 63-66, 1947.

Smith, F. G., Hamner, C. L. and Carlson, R. F. *Changes in food reserves and respiratory capacity of bindweed tissues accompanying herbicidal action of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid.* Plant Physiol., 22, p. 58-65, 1947.

Dion, A. *Contribution à l'étude de la biologie du liseron des champs,* Convolvulus arvensis L. *dans la région de Montréal.* 79 p. Université de Montréal, Thèse de maîtrise, 1948.

Orchard, H. E. *Field bindweed* (Convolvulus arvensis L.). J. Dept. Agric. South Austr., 51, p. 373-376, 1948.

Sherwood, L. V. and Fuelleman, R. F. *Experiments in eradicating field bindweed.* Illinois Agr. Exp. Stat., Bull. 525, p. 473-506, 1948.

Spencer, J. R. *Control of bindweed by the use of 2,4-D and cultural methods.* Press Bull. New Mexico Agr. Exp. Stat., 1021, 1948.

Stahler, L. M. *Shade and soil moisture as factors in competition between selected crops and field bindweed, Convolvulus arvensis.* J. Amer. Soc. Agron., 40, p. 490-502, 1948.

Wurgler, W. *Recherches sur l'action herbicide du 2,4-D sur trois mauvaises herbes infestant nos cultures : le liseron des champs, le chardon et le lampé.* Rev. Rom. Agric., Viticult. et Arbor., 5e année, nº 4, p. 26-28, 1949.

Dion, A. et Carlier, R. *Contrôle chimique du liseron des champs* (Convolvulus arvensis L.). Québec, Soc. Protect. Plants, Rpt. 31, p. 119-121, 1950.

## LES CHARDONS

Sous le nom de « chardon », on désigne de nombreuses plantes : *Cirsium arvense, Cirsium lanceolatum, Carduus nutans, Cirsium palustre, Cirsium acaule. Cirsium arvense,* le chardon rampant, est le plus dommageable à l'agriculture.

La biologie de *Cirsium arvense* est encore mal connue. Les observations faites en Angleterre par Bates ont fait abandonner certaines notions admises erronément jusqu'ici à son sujet. Le chardon ordinaire se propagerait surtout par racines et non par graines. Ces dernières ne sont pas disséminées par les aigrettes de poils. De plus, les graines sont en petit nombre et leur faculté germinative est faible.

Les chardons résistent à la majorité des produits chimiques (acide sulfurique, chlorate de soude, hormones de synthèse) mobilisés contre eux. Le DNOC parvient à détruire leurs parties aériennes. Le 2,4-D injecté dans les fleurs ne marque d'effets visibles que dans la partie supérieure des plantes. Mais, des régions traitées, l'herbicide se déplace vers les tiges, les feuilles et les racines. Il en résulte que des applications répétées de 2,4-D à des concentrations convenables et en temps opportun ont raison de la résistance des chardons.

Ce sont les racines des chardons qu'il faut arriver à détruire. Le labour profond effectué de bonne heure ne donne que des résultats imparfaits. Pour s'en débarrasser, le meilleur procédé est encore de les couper à la main. Le commerce livre des machines à couper les chardons, mais elles sont encore trop coûteuses.

L'échardonnage est toujours réalisé empiriquement. Il serait fondamental de déterminer scientifiquement le moment précis où il devrait être entrepris.

Les lecteurs que cette épineuse question intéresse consulteront avec profit les articles suivants.

Helgeson, E. A. *Control of perennial sow thistle.* North Dakota Agr. Coll., Circ. A-88, 4 p., November 1945.

Helgeson, E. A. *Suggestions for control of Canada thistle.* North Dakota Agric. Coll., Circ. A-89, 4 p., November 1945.

Bates, G. H. *Control of thistles.* Agriculture, London, vol. 53, nº 2, p. 89-91, 1946.

Coutière, G. *La lutte contre les chardons.* La Potasse, nº 145, p. 115-116, 1947.

Ward, F. E. *Thistles. Notes on identification and importance.* Tasm. J. Agric., 18, p. 60-64, 1947.

Corns, W. G. *Translocation of 2,4-D in injected flowering perennial sow thistle plants.* Canad. J. Res., Sec. C, Bot., 26, 3, p. 239-248, 1948.

Davies, J. E. *Spread of winged thistle in Waikato pastures.* New Zealand J. Agric., 76, p. 540, 1948.

Saxby, S. H. *Winged thistle in Central Otago.* New Z. J. Agric., 77, p. 257-258, 1948.

Bakke, A. L. *Controlling Canada thistle with 2,4-D.* Iowa Farm Science, vol. 4, nº 2, August 1949.

Dingwell, A. R. *Variegated thistle and its control.* New Z. J. Agric., 81, p. 141-142, 1950.

R. Georlette.

# Bibliographie

## LES LIVRES

Fr. Hoed et P. Elsocht. — *Rapport sur l'activité de l'Institut national belge du Houblon en 1949 et 1950*. 56 p., nombreux tableaux. Ronéotypé, 1952.

L'Institut national belge du Houblon vient de publier son rapport pour les années 1949 et 1950. On y trouve le détail des travaux poursuivis durant cette période aux stations de recherches de Essene et Poperinge : essais sur fumures et sur variétés ; étude de nouveaux hybrides ; traitement des semences par des solutions diverses ; essai de plantation de latéraux traités par des hormones de croissance ; lutte contre les maladies cryptogamiques ; étude des phases de la maturation du houblon. Un chapitre est consacré aux essais d'introduction de la culture du houblon au Congo belge.

D. Morris. — *Poultry keeping for profit* (Élevage avicole rentable). 119 p., 12 ill. Country Life Ltd., London, 1952.

Dans ce guide sont étudiés tous les aspects de l'aviculture moderne : choix des sujets, logement, élevage en batteries, alimentation, lutte contre les maladies, considérations économiques. Les conseils judicieux dispensés par l'auteur permettront à l'aviculteur de tirer profit de son exploitation, même modeste.

A. Thompson, L. Turnill and R. Feltwell. — *The complete poultryman* (Le parfait aviculteur). 511 p., 48 pl., 161 fig. Faber and Faber Ltd., London, 1952.

Il s'agit d'un des meilleurs traités d'aviculture parus au cours de ces dernières années. Clairement rédigé et abondamment illustré, il constituera le livre de chevet de tout éleveur de volailles, amateur ou professionnel. Les auteurs se sont préoccupés des races de poules et de leur amélioration, des poulaillers, de l'alimentation, de l'incubation, etc.

I. N. É. A. C. — *Bulletin climatologique annuel du Congo belge et du Ruanda-Urundi. Année 1950*. Bureau Climatologique. Communication nº 4, 103 p., Bruxelles, 1952.

La présente communication réunit les données essentielles sur le climat du Congo belge et du Ruanda-Urundi pour l'année 1950 : pluie, température, humidité de l'air, insolation, évaporation. Des cartes mensuelles fixent les contours des zones à pluviosité excédentaire, normale et déficitaire.

I. V. Mitchourine. — *Œuvres choisies*. 580 p., 200 fig., 7 pl. en couleurs, 2 portraits. Éditions en Langues étrangères, Moscou, 1951.

Cette publication trace une brève notice biographique de I. V. Mitchourine, rassemble quelques-uns de ses travaux théoriques et méthodiques, reproduit une série d'articles traduisant ses préoccupations sociales et décrit en détail quelques-unes des 300 variétés fruitières qu'il a créées. Pour le pomologue russe, les nouvelles propriétés acquises par les végétaux sous l'influence des conditions extérieures de la vie peuvent être héréditaires. Mitchourine s'est efforcé de diriger l'évolution pour aboutir à la création méthodique de formes inédites de plantes utiles à l'homme. Les patientes recherches qu'il a poursuivies en vue d'étendre les cultures fruitières vers le nord, l'ont amené à pratiquer l'hybridation de genres et d'espèces géographiquement éloignés. A l'heure où s'affrontent sur le terrain idéologique les tenants du mendélisme-morganisme et les partisans de la biologie matérialiste, il était opportun d'avoir une vue d'ensemble sur la doctrine de Mitchourine et de dresser le bilan de ses soixante années d'activité.

I. V. Mitchourine. — *Quelques questions de méthodologie*. 44 p., 4 fig., 1 portrait. Éditions en Langues étrangères, Moscou, 1952.

L'horticulteur russe relate ici les observations qu'il a faites sur les sujets suivants : choix de couples de plantes génitrices ; éducation de nouvelles variétés ; fertilité et début précoce de la fructification ; influence exercée par le sujet sur la variété greffée ; action brusque du porte-greffe cognassier sur les jeunes hybrides de poiriers ; photopériodisme ; gynandromorphisme ; couverture du sol sous les plantes. Mitchourine se montre partisan véhément de l'hérédité des caractères acquis.

I. V. Mitchourine. — *Principes et méthodes de travail*. 120 p., 24 fig., 1 portrait. Éditions en Langues étrangères, Moscou, 1952.

Mitchourine expose les principes qui ont inspiré les multiples expériences qu'il a entreprises tant pour améliorer les assortiments des vergers en U.R.S.S. que pour créer des variétés fruitières nouvelles. Il souligne l'importance d'un régime particulier pour l'éducation des hybrides. Il énumère les conditions du succès dans l'obtention de variétés intéressantes au moyen de l'hybridation. Il décrit l'action des « mentors » et le rôle des stimulateurs.

I. V. Mitchourine. — *Culture de nouvelles variétés d'arbres et arbustes fruitiers à partir de semences*. 96 p., 15 fig., 1 portrait. Éditions en Langues étrangères, Moscou, 1952.

Devant les difficultés que présentait en Russie l'introduction de variétés fruitières de pays étrangers où les conditions climatiques étaient entièrement différentes, Mitchourine a été amené à cultiver judicieusement des formes locales issues de semences.

M. Brochart. — *Reproduction des bovins*. 208 p., 25 fig. La Biblio-

thèque Française. Coll. « Élevage et Culture ». Les Éditeurs Réunis, Paris, 1949.

Dans ce livre sont présentés de façon simple les faits essentiels concernant l'anatomie et le fonctionnement de l'appareil génital des bovins, les principes d'une hygiène correcte de la fonction de reproduction les causes de stérilité et les moyens de les prévenir, le rôle et la pratique de l'insémination artificielle dans l'effort d'amélioration du cheptel bovin. Les difficultés auxquelles se heurta au début, en France, l'extension des centres d'insémination artificielle ont été surmontées principalement grâce à la puissance du mouvement coopératif.

A. Demolon et D. Leroux. — *Guide pour l'étude expérimentale du sol.* 2e édition. 251 p., 88 fig. Gauthier-Villars, Paris, 1952.

En matière de connaissance du sol, une série d'observations, de mesures et d'essais effectués en laboratoire ou en plein champ doivent éclairer et corroborer les résultats de l'analyse chimique. Le guide de Demolon et Leroux décrit un certain nombre de techniques ayant fait leurs preuves dans l'étude de la physique, de la chimie et de la biologie du sol. Il relate aussi des manipulations, restées inédites jusqu'ici, qui illustrèrent le cours de Chimie agricole professé au Conservatoire national des Arts et Métiers jusqu'en 1930 par A. Th. Schlœsing dont on connaît le culte de l'expérience. Un appendice important est consacré à l'analyse chimique du sol. Les références bibliographiques figurant en bas de page permettront aux chercheurs de se documenter à loisir.

Service Agronomique de la Société d'Entreprises Commerciales en Égypte. — *La culture de la canne à sucre en Égypte.* 105 p., 46 ill., 3 graphiques, 2 diagr., 1 carte. Alexandrie, Le Caire et Bruxelles, 1952.

Bien que la production sucrière égyptienne approche aujourd'hui de 200.000 tonnes, la consommation dépasse la production. La culture de la canne à sucre, concentrée dans la Haute-Égypte, permet d'atténuer les crises auxquelles l'Égypte est exposée du fait de la monoculture du coton. La présente monographie passe en revue les différents problèmes que pose la culture de la canne à sucre en Égypte. Un chapitre est aussi réservé à l'industrie sucrière ; un autre est consacré au rôle joué par cette graminée saccharifère dans le développement harmonieux de l'économie égyptienne.

Bureau International du Travail. — *Les accidents et l'organisation de la prévention dans l'agriculture.* Extrait de Sécurité et Hygiène du Travail, vol. 1, nos 1 à 4, 1952 et vol. 2, no 1, 1952.

L'étude sous revue donne, à côté des statistiques relatives aux accidents survenus dans l'agriculture, des renseignements concernant la législation en matière de prévention desdits accidents, l'organisation de l'inspection dans l'agriculture et les diverses activités, telles que l'éducation, la formation professionnelle, la propagande et la recherche, susceptibles d'accroître la sécurité. Les pays pour lesquels des statis-

tiques sont reproduites sont les suivants : les États-Unis d'Amérique, l'Italie, l'Autriche, le Danemark, la Finlande, la Norvège, la Suède, les Pays-Bas, la Suisse. En ce qui concerne la Belgique, il est regrettable qu'on ne possède pas de données sur la fréquence, les causes, la gravité et le coût des accidents survenus dans l'agriculture, l'horticulture, la sylviculture et l'élevage du bétail. A l'heure actuelle, dans la plupart des pays, on ne connaît que relativement peu de chose sur la fréquence des accidents dans l'agriculture et on ne fait quasiment rien pour les prévenir. Toutefois, les données recueillies permettront au Bureau International du Travail de contribuer efficacement à la solution du problème.

A. T. Semple et div. coll. — *Improving the world's grasslands* (L'amélioration des herbages du monde). 147 p., 107 fig. Léonard Hill Ltd., London, 1952.

Après avoir montré la place primordiale que les herbages tiennent dans l'agriculture, l'étude que A. T. Semple a préparée à la demande de la F. A. O. passe en revue les objectifs que vise l'amélioration des plantes et les moyens mis en œuvre pour les atteindre. Elle reproduit les programmes d'amélioration élaborés par l'Australie, la Nouvelle-Zélande, la Suisse et les États-Unis d'Amérique. Un chapitre est consacré à certains arbrisseaux et arbres spontanés qui pourraient être une source secondaire de fourrage. Chaque partie de l'ouvrage est terminée par une liste de références bibliographiques. D'autres références figurent aussi en bas de page.

R. Germain. — *Les associations végétales de la plaine de la Ruzizi (Congo belge) en relation avec le milieu*. 321 p., 83 photos, 27 fig., 58 tabl. Publ. I. N. É. A. C., Série scientifique nº 52, 1952.

L'histoire géologique, les caractéristiques du relief et les conditions climatiques de la plaine alluviale de la Ruzizi sont exposées. Le climat témoigne d'un degré d'aridité assez élevé et le régime des précipitations constitue l'élément déterminant. Le matériel botanique récolté compte 1.670 spécimens. La flore de la plaine de la Ruzizi est riche : 877 espèces de Spermatophytes et de Ptéridophytes réparties en 427 genres et 99 familles ont été trouvées. L'examen a révélé une dominance marquée de l'élément-base soudano-zambésien au sein duquel les sous-éléments oriental et zambésien sont prépondérants. 30 associations et groupements, dont 19 associations et 5 sous-associations nouvelles, sont décrits. Ces communautés végétales sont examinées aux points de vue floristique, sociologique et écologique. Leurs relations syngénétiques sont esquissées. Un schéma synthétise les rapports sol-végétation. Une bibliographie importante termine ce travail phytosociologique qu'éclairent 83 photographies suggestives.

C. Kramer, J. J. Post en W. Wilten. — *Brouwgerst en klimaat* (L'orge de brasserie et le climat). 149 p., 27 fig. Mededelingen van het Nationaal Comité voor Brouwgerst, Rotterdam, nº 18, 1952.

La présente contribution analyse l'influence du sol, du climat et des facteurs culturaux sur le développement de l'orge de printemps. Elle passe en revue la littérature se rapportant au sujet traité. Les exigences météorologiques de l'orge varient selon que l'on envisage un développement végétatif luxuriant, un rendement élevé ou de bonnes qualités brassicoles. Les auteurs donnent un bref aperçu du cycle vital de l'orge de brasserie. Ils tentent d'expliquer les différences de rendement et de qualité existant aux Pays-Bas entre les orges de Zélande et de Groningue. En aucun cas, les différences pédologiques ne peuvent être tenues pour responsables des différences constatées ; celles-ci résultent vraisemblablement de l'action combinée de tous les facteurs en cause.

H. Leibundgut. — *Aufbau und waldbauliche Bedeutung der wichtigsten natürlichen Waldgesellschaften in der Schweiz* (Analyse et signification sylvicoles des principales associations forestières naturelles de la Suisse). 2e éd. revue et remaniée, 102 p., 14 photogr. Sekretariat der Eidg. Inspektion für Forstwesen, Jagd und Fischerei, Bern 1951.

Le professeur Leibundgut rappelle les notions essentielles et les principaux termes de phytosociologie. Il définit, entre autres, les associations pionnières et secondaires. Il analyse les traits principaux des groupements forestiers naturels de la Suisse et il énumère les espèces caractéristiques qui les constituent. L'auteur souligne les rapports étroits existant entre la pédologie, la climatologie et la sociologie végétale. Il montre l'influence heureuse qu'exerce la mise en œuvre des procédés phytosociologiques dans la résolution des problèmes sylvicoles.

Chilean Iodine Educational Bureau. — *Iodine content of foods. Annotated bibliography* 1825-1951 (Teneur des aliments en iode. Bibliographie annotée *1825-1951*). 183 p. The Shenval Press, London and Hertford, 1952.

Ce livre analyse 326 publications scientifiques parues de 1825 à 1951 et ayant trait aux taux d'iode contenus dans les principales denrées destinées à l'alimentation des hommes et des animaux domestiques. Les résultats sont consignés dans 19 tableaux dressés par catégories d'aliments : laits et produits laitiers, légumes, fruits, etc... Plus de 300 chercheurs appartenant à quelque 20 pays ont permis l'élaboration de cette bibliographie remarquable.

E. R. Janes. — *The flower garden* (Le jardin fleuri). 420 p., 78 fig. Penguin Books, Harmondsworth, 1952.

Ce manuel permettra aux débutants et aux amateurs qui voudront bien suivre les conseils de bon sens qu'il dispense, d'obtenir des fleurs à foison. Mais les professionnels y trouveront aussi des renseignements utiles, particulièrement sur le bouturage, sur la culture du chrysanthème d'automne et sur l'établissement des gazons.

R. Georlette.

## REVUE DES PÉRIODIQUES BELGES

Neirinckx, G. et Jennen, A. *Étude de la qualité du cacao. Comparaison de différentes méthodes de fermentation et de séchage.* Bull. Agric. Congo Belge, vol. 43, n° 2, p. 273-382, 1952.

Ce n'est pas en éliminant complètement les matières tannantes que l'on parviendra à parfaire le goût du cacao. C'est plutôt la nature des substances formées par fermentation qui intervient dans la production de l'arôme caractéristique du cacao de bonne qualité. Les matières tannantes solubles dans l'eau ont une action néfaste sur le goût du cacao. L'influence de la méthode de séchage est nette : les échantillons séchés au soleil se sont révélés meilleurs que ceux ayant séjourné au séchoir. Néanmoins, il est possible d'obtenir un excellent produit dans les séchoirs, en tenant compte de certains principes de base que les auteurs exposent en détail. Il y a lieu, entre autres, de réduire la température de séchage à environ 50° C. et de garder constamment une atmosphère humide à l'intérieur du séchoir.

Steyaert, R. *La « Tristeza » des agrumes.* Bull. Agric. Congo Belge, vol. 43, n° 2, p. 399-446, 1952.

Il est à prévoir que la « Tristeza » des agrumes — le « Quick decline » des auteurs américains — affectera tôt ou tard toutes les spéculations citricoles du globe. Cette virose doit être sérieusement prise en considération dans l'élaboration des programmes de sélection et d'amélioration. Steyaert expose les points suivants : historique ; description de la maladie ; réaction des variétés, espèces et hybrides résistant à la « Tristeza » ; moyens de lutte (généraux et pour cas spéciaux). Un addenda annexé au travail renseigne le lecteur sur certaines particularités des agrumes dont la connaissance est nécessaire à l'intelligence de l'étude sous revue. La « Tristeza » des agrumes a fait l'objet, au cours des dix dernières années, d'une littérature abondante. La bibliographie importante qui termine le travail de Steyaert permet de s'en convaincre.

Steyaert, R. et Van Laere, R. *La « Cannelure » ou « Stem pitting » du Pamplemoussier au Congo belge.* Bull. Agric. Congo Belge, vol. 43, n° 2, p. 447-454, 1952.

Les auteurs décrivent l'évolution de la « Cannelure » qui entraîne des désordres de croissance chez les Pamplemoussiers, mettant sérieusement en danger l'avenir de leur culture au Congo belge.

Henrard, P. *Étude préliminaire de la faune entomologique et de la protection des bois exploités au Mayumbe.* Bull. Agric. Congo Belge, vol. 43, n° 2, p. 463-480, 1952.

Henrard procède à l'étude générale des insectes qui creusent des galeries dans les bois exploités au Mayumbe. Il relate les expériences orientatives qu'il a entreprises en vue de la protection des troncs de diverses essences récemment abattus et des planches de Limba fraîchement sciées. Il tente d'élucider l'influence de l'écorçage.

Roland, G. *Étude virologique sur la Pomme de terre. Recherches symptomatologiques et histopathologiques.* I. R. S. I. A. Comptes Rendus de Recherches, nº 7, 118 p., 56 fig., juin 1952.

Après avoir exposé l'historique des viroses de la Pomme de terre, Roland fait le point sur l'état actuel de la connaissance de la notion de « virus ». Afin de pouvoir tracer les directives pour la sélection sanitaire et génétique de la Pomme de terre, il a établi la sensibilité de 76 variétés à l'égard des virus X, Y et A. Il a essayé de dégager les caractères histologiques et cytologiques des principales affections virologiques qu'il a rencontrées. La bibliographie rassemble 186 titres.

Tavernier, R. *Conservation et utilisation du sol et des eaux.* Bull. Com. Nat. Belge F. A. O., 6e année, nº 2, p. 6-8, 1952.

Le professeur Tavernier dresse un inventaire des aspects techniques et administratifs du problème de la conservation et de l'utilisation du sol et des eaux en Belgique. Il attire l'attention sur divers cas où une amélioration sensible est possible en ces domaines. C'est surtout l'aspect agricole qui domine dans cette note.

XXX. *Convention internationale pour la protection des végétaux.* Bull. Com. Nat. Belge F. A. O., 6e année, nº 2, p. 9-13, 1952.

L'article reproduit *in extenso* le texte de la nouvelle convention signée à Rome le 7 décembre 1951 relativement à la protection des végétaux. En ce qui concerne la Belgique, il convient de noter que la Convention devra être ratifiée par le Parlement.

Vanden Berghen, C. *Contribution à l'étude des bas-marais de Belgique.* Bull. Jardin Bot. État, Bruxelles, vol. 22, fasc. 1 et 2, p. 1-64, 1952. Communication nº 16 du Centre de Cartographie phytosociologique et Centre de Recherches écologiques et phytosociologiques de Gembloux.

Utilisant la méthode floristique de Braun-Blanquet, l'auteur décrit en premier lieu les différents groupements végétaux reconnus dans les bas-marais. Il passe ensuite en revue les caractères micro-climatiques, édaphiques et éthologiques des principales associations des tourbières belges. Il étudie enfin les rapports qui existent entre les végétaux et le milieu dans lequel ils se développent et il aborde l'étude complexe de l'écologie des groupements.

Lawalrée, A. *Ulmus hollandica* Mill. *en Belgique.* Bull. Jardin Bot. État, Bruxelles, vol. 22, fasc. 1 et 2, p. 65-70, 1952.

*Ulmus hollandica* Mill. est l'hybride *Ulmus carpinifolia* Gled. x *U. glabra* Huds. Il est extrêmement polymorphe. Les formes suivantes sont connues en Belgique : *f. belgica, f. major, f. tricuspidata. Ulmus hollandica* est généralement planté. Il est souvent subspontané et rudéral au voisinage des habitations.

Divers auteurs. *Contribution à l'étude du problème de l'économie rurale indigène au Congo belge.* Bull. Agric. Congo Belge, vol. 43, 267 p., 1952.

Ce numéro spécial du *Bulletin Agricole du Congo Belge* réunit les treize communications présentées par la Délégation belge à la Conférence africaine de l'économie rurale indigène qui s'est tenue à Jos (Nigérie), du 17 au 24 novembre 1949. Citons, entre autres, les travaux suivants : *Évolution possible du paysannat indigène au Congo belge*, par G. E. Sladden ; *Politique agricole en milieux ruraux au Congo belge*, par G. L. Dubois ; *Méthodes de commercialisation du café Arabica produit par les indigènes du Ruanda-Urundi*, par G. E. Sladden et L. Michel ; *Les coopératives indigènes au Congo belge*, par M. Willaert ; *Étude relative au paysannat indigène*, par J. Clément ; *Les bases théoriques des essais de paysannat indigène, entrepris par l'I. N. É. A. C. au Congo belge*, par J. Henry.

Brédo, H. J. *Nos connaissances sur les sauterelles.* Zooléo, n. s., nº 15, p. 275-280, juin 1952.

En Afrique, la première question à résoudre était la discrimination des rapports concernant les trois espèces d'acridiens en présence : le criquet migrateur africain *(Locusta migratoria migratorioides)*, le criquet pèlerin *(Schistocerca gregaria)* et le criquet nomade *(Nomadacris septemfasciata)*. Le cycle des invasions étant en relation avec le climat, les données climatologiques sont actuellement à la base de l'étude de la périodicité des invasions. On peut aujourd'hui prévoir les invasions de sauterelles, lesquelles prennent leur origine en des points précis, d'étendue très réduite. La surveillance et la destruction de ces foyers grégarigènes sont organisées sur une base internationale. Le Parathion (E. 605) semble être le produit de l'avenir en matière de lutte contre les sauterelles.

Herbignat, A. *Conceptions sur l'avenir de la forêt belge.* Bull. Soc. roy. forest. Belg., 59e année, nº 7, p. 305-320, 1952.

La sylviculture ne connaît que des transformations progressives et lentes. L'auteur esquisse, avec la circonspection d'usage, l'avenir de la forêt belge en envisageant, entre autres, les points suivants : évolution dans le traitement ou changement de régime ; mise en valeur des terrains incultes, reboisements et enrésinements ; recherche des variétés stationnelles d'élite ; utilisation d'essences variées à grand rendement. Dans le cadre de la production ligneuse nationale, il accorde une mention spéciale au peuplier.

Kauert, G. et Waldack, R. *L'automaticité des opérations de fabrication en brasserie-malterie.* Fermentatio, nº 3, p. 59-68, 1952.

Si la brasserie et la malterie veulent vaincre la concurrence, elles devront se moderniser. Les auteurs décrivent les appareils automatiques susceptibles d'être employés dans ces industries.

R. Georlette.

# TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES DE LA 58e ANNÉE (1952)


**Bibliographie.**

R. Georlette : Les livres ..... 125, 200, 291
: Revue des périodiques belges ..... 135, 204, 296
: Revue des périodiques étrangers .. 216

**Biométrie.**

L. Martin : Biométrie et Agronomie ..... 81

**Botanique.**

Ch. Bonnier : La fixation symbiotique de l'azote de l'air, chez les légumineuses ..... 114
R. Georlette : La parthénocarpie naturelle et artificielle chez les plantes à fruits comestibles ..... 36
: Les chasseurs de plantes. II. A la recherche des Cactées ..... 175

**Chimie.**

P. Martens : Techniques récentes en Chimie analytique ..... 1

**Documentation.**

Association nationale pour la prévention des accidents du travail : La prévention des accidents dans les travaux de battage 278
R. Georlette : La marche d'approche du Pou de San-José .... 190
: Mise en culture des sols salés ..... 192
: Les plantes médicinales cultivées en Belgique .. 195
: Aspects actuels de la lutte contre trois mauvaises herbes : le chiendent, le liseron et le chardon .... 288
R. Jaune : Analyse de la convention internationale pour la protection des végétaux ..... 186
Medical and Pharmaceutical Information Bureau : Les antibiotiques stimulent la croissance des plantes .. 285

**Engrais.**

G. Ragondet : Étude sur l'évolution de la consommation des engrais chimiques, pendant la première moitié du XXe siècle, en Europe occidentale ..... 100

**Industries agricoles.**

G. Demortier : La ferme, centre de production d'un carburant gazeux ..... 225
V. F. Querton : Contribution à l'étude des conditions de culture à réaliser pour obtenir une production forte et stable d'arôme dans la fermentation des crèmes en laiterie .... 15

**Microbiologie.**

F. Delecour : Amylases fongiques ..... 264

**Pomme de terre.**

N. Rigot : Étude du comportement de dix-neuf variétés de pommes de terre dans les essais comparatifs de rendement ..... 149

**Zootechnie.**

S. Favresse : Essais d'engraissement de « baby beef » ..... 163

## PETITES ANNONCES

*A vendre*

1 compresseur frigorifique à ammoniac - LEBRUN - type H 6 bis - capacité 350.000 frig./heure - avec 8 éléments de condenseurs réfrigérants complets, sécheur, déshuileur, robinetterie, courroie cuir, enrouleur et nombreuses pièces de rechange, vendu sans moteur.

*Renseignements :*

**Société Belge de l'Azote et des Produits Chimiques du Marly, à Renory-Ougrée (Belgique).**

# PRODUITS PHYTO PHARMACEUTIQUES

*pour pulvérisation et poudrage*

## INSECTICIDES

*à base d'arséniates, de DDT, de HCH, etc...*

## FONGICIDES

*à base de cuivre, de soufre, etc.*

## HERBICIDES

*à base de colorants, de 2.4 D, et de M. C. P. A.*

## HORMONES VÉGÉTALES

*Rootone, Transplantone, Fruitone*

**SOCIÉTÉ BELGE DE L'AZOTE ET DES PRODUITS CHIMIQUES DU MARLY**

AGRIPHAR

**4, Boulevard Piercot, LIEGE**

Tél. : 23.79.80/88/89.

# HANOMAG

*Il existe des tracteurs plus chers mais vous n'en trouverez pas de meilleurs*

S H O

EXPANSION ORP

DÉPARTEMENT IMPORTATION
DES USINES ÉDOUARD DE SAINT-HUBERT, S. A., ORP

C'est la qualité de la confiture

# MATERNE

qui a fait sa renommée.

Les progrès réalisés depuis 60 ans par cette firme — la plus importante de Belgique — vous sont un sûr garant de la valeur de ses produits.

*La première installation belge de "Quick-Freezing", Fruits et Légumes surgelés à — 40° Frima.*
*Pectine liquide et sèche.*
*Conserves de légumes.*

Ets. E. MATERNE, Jambes-Bruxelles-Grobbendonk.

Fresnes Nord **Établissements BATTAILLE** Basècles Hainaut

- ACIDE SULFURIQUE
- SUPERPHOSPHATE
- Matières premières pour l'Agriculture
- ENGRAIS COMPOSÉS ORGANIQUES A BASE DE FERTICILINE POUR L'AGRICULTURE & L'HORTICULTURE.

ALIMENTS POUR CHEVAUX ET BESTIAUX.

## Société de la VIEILLE-MONTAGNE, S. A.

ANGLEUR-LEZ-LIÈGE

**ARSENIATE DE CHAUX MARQUE ARSCAL**

**ARSCAL H. 40**

utilisé sous forme de bouillies
Pouvoir normal de suspension dans l'eau garanti

**ARSCAL S. 13**

utilisé pour le poudrage à sec des feuilles en forêt ou en grande culture
adhérence au feuillage garantie

**DESTRUCTION DES INSECTES RONGEURS, DES CHENILLES ET PYRALES**
**LUTTE CONTRE LE DORYPHORE**

**SULFATE THALLEUX**

Très grande toxicité pour destruction des rongeurs, fourmis et autres parasites de l'Agriculture

**SULFATE DE CUIVRE**

en cristaux

*Tous ces produits sont agréés et enregistrés par le Ministère de l'Agriculture.*

ACIDES AMINÉS LIEBIG

## « GLOBAMINE »

Type **« Ponte »**
Type **« Lait-Beurre »**
Type **« Croissance »**

Une source garantie d'acides aminés qui assure le succès des aliments composés ou l'amélioration des rations à la ferme.

*Vendu et conseillé par les spécialistes*

USINES VERMYLEN
S. A.
BAASRODE

*Du bon... du beau... beaucoup de lait...*

*La Machine à Traire « F. N. »*

*fait un travail parfait.*

MACHINES
A
TRAIRE
A POT SUSPENDU

CRUCHES A LAIT
EN ALLIAGE LÉGER

*Demandez catalogues et renseignements à la*

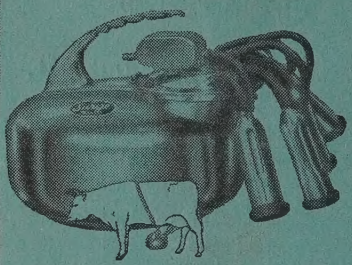
**Fabrique Nationale d'Armes de Guerre. S. A.**

HERSTAL-lez-LIÈGE

OU A SES AGENTS.

# OUI

**C'EST VOTRE INTÉRÊT**



**d'acquérir une trayeuse**

**à pots suspendus**

# MAIS

**à condition de choisir**

## la meilleure

**celle qui...**

- a fait ses preuves depuis 25 ans ;
- est exigée par les 8 dixièmes des cultivateurs belges;
- est la plus répandue dans le monde entier ;
- fut la première et durant 15 ans la seule trayeuse à pots suspendus ;
- est de plus en plus imitée à cause de ses mérites ;
- accentue chaque jour sa supériorité incontestée.

*Vous avez certainement reconnu*

la **FAMEUSE MACHINE A TRAIRE**

## SURGE-MÉLOTTE ORIGINALE

de REPUTATION UNIVERSELLE

**Ecrémeuses MELOTTE, s. a., Remicourt.**

ÉDITIONS J. DUCULOT, S. A., GEMBLOUX. *(Imprimé en Belgique).*